

CIRCULAR TÉCNICA

265

Sete Lagoas, MG
Outubro, 2020

Intensificação agropecuária no Cerrado: construção da fertilidade do solo como base para aumento do potencial produtivo e convivência com a seca

Álvaro Vilela de Resende
Miguel Marques Gontijo Neto
Emerson Borghi
Eduardo de Paula Simão
Jeferson Giehl
Samuel Campos Abreu
Sandro Manuel Carmelino Hurtado
Monica Matoso Campanha
Thomaz Correia e Castro da Costa
Ivanildo Evódio Marriel
José Heitor Vasconcellos
Derli Prudente Santana
Ramon Costa Alvarenga
João Herbert Moreira Viana

**OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL**



Intensificação agropecuária no Cerrado: construção da fertilidade do solo como base para aumento do potencial produtivo e convivência com a seca¹

Apresentação

Numa das vertentes do meio rural brasileiro, caminha-se a passos largos, com as propriedades já utilizando dispositivos computacionais, de georreferenciamento, tecnologia da informação e automação, desde as etapas de planejamento e operacionalização até o monitoramento do desempenho técnico e econômico. Mas, na outra ponta, muitas propriedades ainda convivem com realidades menos auspiciosas e pouco sustentáveis, como é perceptível no segmento da pecuária bovina extensiva, que tem grande potencial de evoluir pela aplicação do aparato tecnológico e dos conhecimentos disponíveis.

A reconversão de áreas de pastagens degradadas em ambientes de patamar produtivo mais elevado é a via pela qual o Brasil deverá seguir nas próximas décadas, diante da necessidade de conciliar aumento da produção agropecuária e uso sustentável de recursos, sem maior interferência nos ecos-

¹ Álvaro Vilela de Resende, Eng.Agrôn., DSc em Ciência do Solo, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; Miguel Marques Gontijo Neto, Eng.Agrôn., DSc em Zootecnia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; Emerson Borghi, Eng.Agrôn., DSc em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; Eduardo de Paula Simão, Eng. Agrôn., MSc, Doutorando em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa; Jeferson Gieh, Eng. Agrôn, MSc, Doutorando em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa; Samuel Campos Abreu, Eng.Agrôn., Analista da Embrapa Milho e Sorgo; Sandro Manuel Carmelino Hurtado, Eng. Agrôn., DSc., Ciência do Solo, Professor da Universidade Federal de Uberlândia; Monica Matoso Campanha, Eng. Agrôn., DSc. em Fitotecnia, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo; Thomaz Correia e Castro da Costa, Eng.Florestal, DSc. em Ciência Florestal, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; Ivanildo Evódio Marriel, Eng.Agrôn.,DSc em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; José Heitor Vasconcellos, Jornalista, PhD em Comunicação, Analista da Embrapa Milho e Sorgo.; Derli Prudente Santana, Eng.Agrôn, PhD em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; Ramon Costa Alvarenga, Eng. Agrôn., DSc. em Agronomia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo; João Herbert Moreira Viana, Eng. Agrôn., DSc. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo;

sistemas naturais. Nessa lógica não cabe, nos dias atuais, empreender em atividades agropecuárias sem atentar para a necessidade de planejamento gerencial, investimentos assertivos e planilhas de registro e controle ao longo de todas as etapas, para otimização do processo produtivo.

A presente publicação é a primeira da série que relata uma experiência de intensificação do uso da terra por meio da Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) a partir de pastagem degradada no Cerrado central de Minas Gerais. O trabalho vem sendo conduzido no formato de Unidade de Referência Tecnológica (URT), na Fazenda Lagoa dos Currais (Curvelo-MG), em condição típica de aptidão limitada pela ocorrência de déficit hídrico no solo. Procura-se validar uma abordagem de manejo racional dos recursos naturais e do uso de insumos externos, conciliando aspectos técnicos e econômicos. Objetiva-se, ainda, subsidiar ações de divulgação e transferência tecnológica para intensificação agropecuária na região Centro-Norte de Minas Gerais.

A estratégia de conjugar a construção da fertilidade no perfil do solo e a integração de atividades agrossilvipastoris, validada numa região caracterizada por períodos de déficit hídrico e vocacionada principalmente para a pecuária e a produção florestal (eucalipto), é um modelo a ser compreendido e adotado pelos produtores, profissionais de assistência técnica, cooperativas e instituições de crédito agrícola, podendo ser difundido também para outras regiões do País com características semelhantes. O enfoque de condicionamento do solo aqui tratado se aplica também a iniciativas de implantação de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) no lugar de pastagens degradadas ou mesmo quando o objetivo é unicamente a recuperação/renovação da espécie forrageira.

1- Introdução

Até meados do século passado, os solos de toda a área do Cerrado brasileiro eram considerados praticamente inaptos para exploração agropecuária mais intensiva em razão da baixa fertilidade natural, caracterizada pela elevada acidez e disponibilidade insatisfatória da maioria dos nutrientes essenciais às plantas (Lopes; Guilherme, 2016). Ainda hoje, as limitações pela baixa fertilidade são nitidamente constatadas quando se tenta cultivar locais que nunca foram corrigidos e adubados. Esse problema se estende também a

outros biomas e regiões com solos mais intemperizados, de modo que a grande maioria das áreas rurais do Brasil exige investimentos em corretivos de acidez e fertilizantes para viabilizar atividades agrícolas economicamente compensatórias.

Felizmente, a pesquisa agropecuária brasileira avançou muito nas últimas décadas, e o País dispõe de recomendações técnicas regionalizadas que permitem superar e conviver com as limitações químicas dos solos tropicais. É possível ter lavouras e criações com elevados níveis de desempenho produtivo, adaptadas a ambientes com diferentes condições edafoclimáticas, e há exemplos de bons produtores nas mais diversas regiões.

A agropecuária é responsável por movimentar uma parcela muito importante da economia de Minas Gerais. O bioma Cerrado compreende mais da metade do território estadual, sendo atualmente a principal zona de produção pecuária, de grãos e de florestas plantadas. Localizado na porção centro-ocidental do estado, o Cerrado cobre também grande parte das bacias dos rios São Francisco e Jequitinhonha.

De acordo com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/ESALQ/USP), o agronegócio contribuiu com 36% do PIB mineiro em 2019, com um crescimento de 5,12% em relação a 2018, refletindo o desempenho dos segmentos de insumos, produção primária, agroindustrial e agrosserviços. Nesse levantamento, as cadeias pecuárias foram as que tiveram maior impulso, com incremento de 8,51%, enquanto o ramo agrícola teve aumento de 2,07% (Barros et al., 2020). Essas informações dão ideia do papel que a pecuária, em especial a bovinocultura produtora de carne e leite, tem no desenvolvimento econômico do estado.

A presente publicação enfoca a tecnologia de manejo da fertilidade do solo como ponto de partida para a superação dos fatores limitantes ao desenvolvimento da agropecuária em áreas com menor aptidão por causa de restrições edafoclimáticas. Tendo como base um estudo de caso envolvendo níveis de investimento tecnológico na conversão de pastagem degradada em sistema intensificado de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), descreve-se um passo a passo ilustrado das práticas de correção da acidez do solo e de adubações corretivas e de manutenção. Na sequência, são reportadas as alterações e a evolução da fertilidade do solo decorrentes destas intervenções.

São enfocados, ainda, os resultados de algumas características relacionadas ao vigor vegetativo da pastagem, em resposta ao investimento tecnológico no sistema ILPF.

Os resultados deste trabalho de construção e conservação da fertilidade, conduzido nas condições do Cerrado central de Minas Gerais, ilustram os desafios enfrentados pelo produtor, especialmente o pecuarista, na tomada de decisão sobre até que ponto se deve investir na melhoria da qualidade do solo para a formação ou recuperação de pastagens. Mas o principal objetivo aqui é apresentar indicadores que demonstram como o potencial produtivo de um sistema de pastagem pode ser ampliado, na medida em que se consegue melhorar gradativamente o suprimento de nutrientes e as condições para o desenvolvimento vegetal, adaptando uma modalidade de ILPF de acordo com a oferta ambiental e os recursos disponíveis na propriedade.

Como o próprio título da publicação destaca, o manejo sustentável no uso da terra se inicia com a adequação de sua fertilidade química, principal limitação nas áreas de Cerrado. A superação dessa limitação é imprescindível para viabilizar a intensificação produtiva e alcançar melhores condições de convivência com a seca em locais com períodos mais severos de déficit hídrico, tal como ocorre na região Centro-Norte de Minas Gerais, ou, ainda, em decorrência de impactos futuros das mudanças do clima. A construção da fertilidade também é pré-requisito para a reversão da degradação do solo, a exemplo da possibilidade de conversão de áreas pastagens degradadas em ambientes de alto potencial para lavouras, pastagens e/ou florestas. Todos esses aspectos estão relacionados ao alcance de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos pela Organização das Nações Unidas - ONU, voltados à segurança alimentar, ao desenvolvimento econômico e social com meios de produção agropecuária sustentável, ao enfrentamento das mudanças climáticas e à mitigação de processos que levam à degradação dos ambientes rurais.

Assim, o presente trabalho contribui para o atendimento dos ODS 2. “Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável”; ODS 8. “Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos”; ODS 12. “Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis”; ODS 13. “Tomar medidas urgentes para combater a mudança

do clima e seus impactos” e ODS 15. “Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade”.

2- O problema das pastagens degradadas

Em 2016/2017, as áreas com pastagens plantadas e nativas no Brasil correspondiam a 180 milhões de hectares, 21% do território nacional (Miranda, 2017, 2018; Embrapa, 2018). Contudo, estima-se que cerca de 100 milhões de hectares de pastagens se enquadram com nível de degradação forte a moderado no País, apesar das soluções tecnológicas disponíveis. Com base na taxa de lotação média ou número de unidade animal por hectare (UA ha⁻¹) aferidos em levantamentos estatísticos, Dias Filho (2014) relatou que 50% das pastagens brasileiras estariam fortemente degradadas (taxa de lotação máxima até 0,4 UA ha⁻¹), 25% moderadamente (0,4 a 0,8 UA ha⁻¹), e apenas 20% levemente (0,8 a 1,5 UA ha⁻¹) ou não degradadas (taxa de lotação acima de 1,5 UA ha⁻¹).

No Brasil Central, domínio do bioma Cerrado, as estimativas dão conta de que, dos 50 a 60 milhões de hectares de pastagens cultivadas, 80% encontram-se com algum grau de degradação. Ou seja, mesmo tratando-se de pastagem implantada, a espécie forrageira entra em processo de perda de vigor que vai se acentuando, sem possibilidade de recuperação natural. Com isso, torna-se incapaz de sustentar os níveis de produção e qualidade exigidos pelos animais, além de não superar os danos provocados pela incidência de pragas, doenças e plantas invasoras (Peron; Evangelista, 2004; Carvalho et al., 2017).

Em Minas Gerais, o Censo Agropecuário Brasileiro de 2017 indicou a existência de mais de 19,3 milhões de hectares de pastagens, ocupando 50,7% da área total dos estabelecimentos agropecuários. O rebanho mineiro representa cerca de 10% dos bovinos criados no Brasil, embora se trate fundamentalmente de uma atividade extensiva, haja vista que na maior parte dos municípios do estado a densidade média de ocupação das pastagens se situe entre 0,5 e 1,5 animal por hectare (Instituto Antônio Ernesto de Salvo, 2015).

Os resultados de um levantamento por análise de imagens de satélite revelaram dados preocupantes sobre o grau de degradação das pastagens em Minas Gerais (Instituto Antônio Ernesto de Salvo, 2015). Somente 4,0% da área coberta foram classificados como sendo de pastagens não degradadas. Nos níveis de degradação leve e moderado, enquadraram-se 20,4% e 30,3% das pastagens, respectivamente. Já aquelas consideradas fortemente degradadas representaram 45,3% do total. Especificamente nas mesorregiões Central, Noroeste e Norte, a estimativa é que 63,6%; 68,2%; e 55,8% das pastagens estejam com forte nível de degradação. Outro aspecto relevante da região do Cerrado mineiro diz respeito à estrutura fundiária, marcada por grande variação no perfil socioeconômico dos proprietários rurais. Em 2016, estas três mesorregiões contavam com 360.254 propriedades, dentre as quais 255.697 desenvolviam atividades com pecuária bovina (Vilela, 2016).

O processo de degradação das pastagens é desencadeado por uma série de fatores (Figura 1) que, no seu conjunto e no decorrer do tempo, agravam o estado de enfraquecimento da forrageira (Figura 2), havendo morte de plantas e consequente exposição do solo em alguns locais, podendo, em casos mais extremos, ocasionar perdas de solo por erosão. Nessa condição, a capacidade de suporte da pastagem cai drasticamente, e a reversão do processo torna-se difícil e onerosa. Portanto, esforços devem ser envidados no sentido de prevenir principalmente as causas iniciais da degradação (Figura 1). Todavia, independentemente do nível de fertilidade do solo e da ocorrência de outros fatores que afetam a forrageira, o manejo inadequado dos animais levando ao superpastejo pode, por si só, provocar rápida degradação.

Um aspecto da maior importância no controle da degradação de pastagens inicia-se pelo entendimento de que as condições inadequadas de fertilidade do solo ou a sua perda gradativa normalmente constituem o gatilho que dispara o processo de degeneração (Figura 1), mesmo no caso de forrageiras implantadas com algum investimento tecnológico. Embora se possa ter boa produtividade logo depois de formada uma pastagem, o que normalmente sucede esse vigor inicial são o esgotamento progressivo das reservas de nutrientes do solo e a perda da sua matéria orgânica, num processo que é acelerado por condições de superpastejo. Essa conjuntura é ainda mais drástica nas regiões fortemente afetadas por déficit hídrico durante estações secas prolongadas e pelos veranicos no período chuvoso.

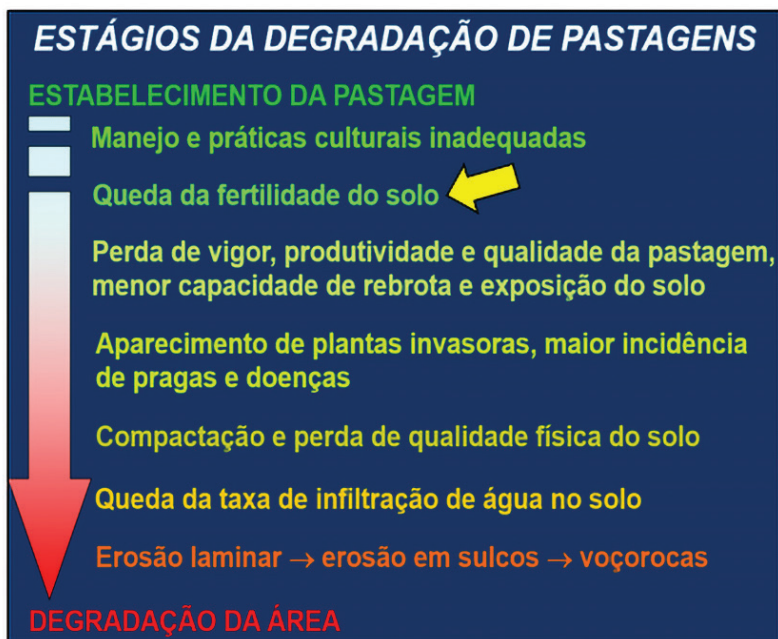


Figura 1. Sequência didática de fatores que gradativamente se somam levando à perda da capacidade produtiva e nível de degradação crescente de uma área de pastagem. Fonte: adaptado de Macedo (1995) e Vilela et al. (2003).



Fotos: Álvaro Vilela de Resende.

Figura 2. Causas e consequências do processo de degradação de pastagens (a partir da figura do alto, da esquerda para a direita): 1) sistema radicular fraco e superficial em razão da baixa fertilidade do solo; 2) enfraquecimento e morte de plantas forrageiras, abrindo espaço para invasoras; 3) uso do fogo como paliativo – pouco efetivo, buscando solução das situações anteriores; 4) pastagem superpastejada, sem prazo para recomposição da espécie forrageira; 5) proliferação de cupinzeiros e redução da cobertura vegetal; e 6) perda drástica do vigor e produtividade da pastagem, especialmente na época seca, e exposição da superfície do solo a processos erosivos.

3 - Prioridades de investimentos na melhoria do solo

A bovinocultura brasileira é basicamente dependente do forrageamento por pastejo direto, sobretudo no caso da pecuária de corte. Sendo assim, os cuidados na formação e manutenção das áreas de pastagem têm grande impacto na quantidade e qualidade da forragem disponível nas propriedades. Além disso, a adoção de práticas corretas de manejo, antes mesmo do estabelecimento de espécies forrageiras, tem reflexos na longevidade, no desfrute das pastagens e, consequentemente, na rentabilidade da atividade.

As alternativas envolvendo modalidades de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) ou de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) têm sido aplicadas com sucesso em propriedades de várias regiões do Brasil, como meios para compatibilizar diluição de custos de implantação/renovação e manutenção de pastagens, incremento da produção de forragem e da capacidade de suporte, além da diversificação de renda e redução de riscos na atividade agropecuária.

Para ser bem sucedida, qualquer forma de intensificação de uso agrícola ou pecuário de uma propriedade rural depende do correto condicionamento dos atributos químicos, físicos e biológicos que resultam na verdadeira fertilidade do solo. A adequação desses atributos define o potencial produtivo e a estabilidade temporal em proporcionar não só um substrato material, mas um “ambiente” estimulante ao desenvolvimento das culturas e, por consequência, ao desempenho animal.

Nessa lógica, a forrageira deve ser entendida como uma “cultura componente de um sistema de produção agropecuária”, devendo ser tratada como tal. Aliás, dependendo da espécie, o componente forrageiro tem requerimentos nutricionais consideráveis, respondendo tão intensamente à melhoria da fertilidade do solo quanto as culturas graníferas e florestais (Crusciol et al., 2009; Mateus et al., 2016; Paciullo et al., 2019).

Considerando toda a experiência acumulada em pesquisa sobre fertilidade do solo e respostas às práticas de manejo da adubação na região do Cerrado, foram sumarizadas na Figura 3 as prioridades que o produtor deve observar no momento de planejar investimentos em melhorias do solo para o estabelecimento de sistemas de pastagens solteiras, ILP ou ILPF. A hierarquização

apresentada se aplica também a áreas de solos intemperizados localizadas em outros biomas do País.

Iniciando pela correção da acidez, cada degrau seguinte na “escada de manejo” (Figura 3) pode ser entendido como um salto tecnológico que permitirá ganhos adicionais de produtividade e de eficiência de aproveitamento dos fertilizantes, bem como de todos os demais insumos e tecnologias aplicados no sistema de produção.

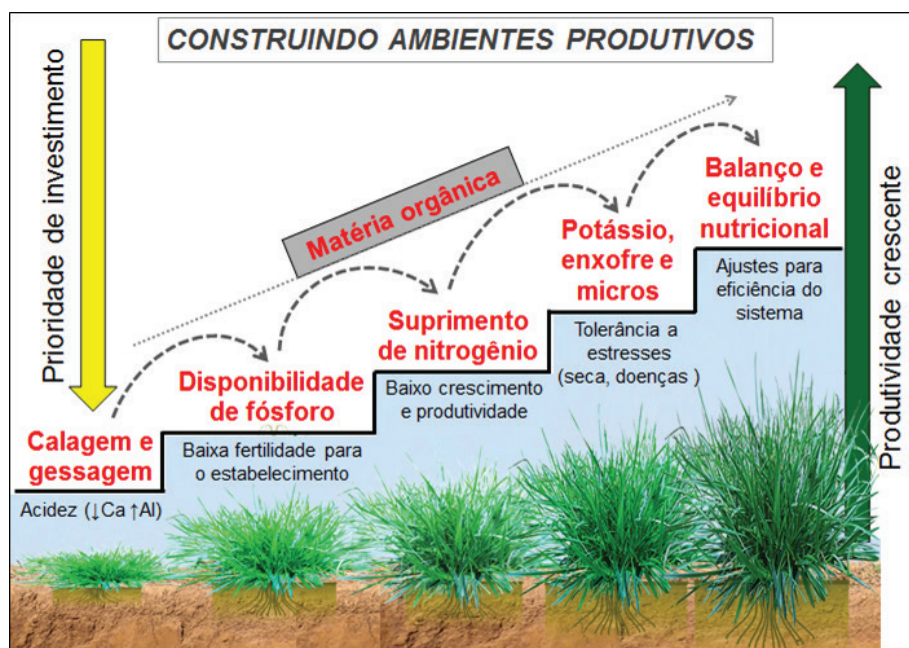


Figura 3. Priorização estratégica de investimentos na fertilidade do solo, para ganhos crescentes de eficiência no uso de insumos e de produtividade em sistemas de pastagens estabelecidas na região do Cerrado. Elaboração: Álvaro Vilela de Resende.

A plena implementação dos dois “degraus tecnológicos” mais elevados (Figura 3) nem sempre é viável para todo tipo exploração de pastagem, mas se justifica nas atividades agropecuárias de alta intensidade, em que a demanda e exportação de nutrientes é acentuada. Por outro lado, desde que haja recursos disponíveis, nada impede, e seria ideal, que todas essas etapas de manejo da fertilidade fossem implementadas sequencialmente em curto prazo, para se antecipar o alcance de alto potencial produtivo e retorno mais imediato dos investimentos no sistema. Mas, para isso, os incrementos na oferta de forragem também precisam estar sincronizados com o consumo pelos animais, ou seja, o tamanho do rebanho da propriedade deve ser bem ajustado à capacidade de produção das pastagens ao longo do ano. Afinal, não é vantagem ter “pasto sobrando”.

Por fim, é importante frisar que, independentemente da velocidade de operacionalização dos degraus tecnológicos para melhoria do solo, desde as etapas iniciais já são criadas condições que favorecem a formação e o acúmulo de matéria orgânica (Figura 3). Cabe ao técnico gerente e ao próprio produtor zelar pela sua conservação, cuidando para que não haja superpastejo, evitando ao máximo as queimadas e repondo nutrientes, sobretudo quando há remoção integral de biomassa vegetal da área (por exemplo, corte para silagem, fornecimento direto no cocho ou fenação).

Nunca é demais lembrar que a matéria orgânica é o componente com papel mais importante no manejo de solos tropicais, principal responsável pelo equilíbrio químico, físico e biológico de qualquer sistema de produção em campo. A conservação do teor de matéria orgânica é fundamental para preservação da capacidade de troca de cátions (CTC), estrutura e qualidade física, retenção de água no solo, manutenção da atividade microbiana e contribuição no suprimento de N, além de outros macro e micronutrientes. O retorno de todo investimento em corretivos, fertilizantes e outras tecnologias (por exemplo, sementes, defensivos, mecanização, irrigação) é comprometido quando há perda no teor de matéria orgânica no solo.

Uma sequência de aplicação das práticas de manejo para o condicionamento da fertilidade (Martha Júnior et al., 2007b; Resende et al., 2016), seguindo a lógica normal das prioridades para maior eficiência técnica (Figura 3), seria a seguinte:

1) Controle de problemas relacionados à acidez do solo e toxidez por alumínio na camada superficial e em subsuperfície, utilizando calagem e gessagem. Concomitantemente, essas operações resolvem o fornecimento de Ca e Mg, que além de nutrientes são importantes para compor quantidades satisfatórias de bases trocáveis no solo.

2) Elevação da disponibilidade de fósforo (P) que, juntamente com a acidez, está entre as causas mais frequentes do baixo crescimento e produtividade das plantas em áreas recém incorporadas ao processo produtivo. O procedimento inicial específico visando elevar os teores de P na análise do solo é conhecido como adubação fosfatada corretiva.

3) Superadas as limitações referidas até então, o próximo passo é adequar o suprimento de nitrogênio (N), de acordo com as exigências de cada espécie e a produtividade almejada. No caso de pastagens com gramíneas, a adubação nitrogenada é a técnica de fertilização que promove resposta visual mais rápida, com nítido impacto no aumento da oferta de forragem.

4) A disponibilidade de potássio (K) normalmente não constitui uma limitação de primeiro momento nos solos de Cerrado com teor de argila acima de 35% (Figura 4). Por este motivo, as respostas à adubação potássica em áreas de pastagem costumam ser mais evidentes e economicamente compensadoras depois de alguns ciclos de pastejo. Todavia, principalmente em sistemas de produção que incluem culturas graníferas ou corte e remoção do capim para silagem ou fenação, justifica-se uma adubação corretiva específica com K, para elevar previamente o estoque disponível no solo. Demanda precoce por K ocorre em solos arenosos com baixos teores de matéria orgânica, que têm baixa reserva natural do nutriente. Neste caso, entretanto, é mais difícil compor altos níveis de disponibilidade, por causa da menor capacidade de retenção de K e outros cátions na zona de crescimento radicular, razão pela qual as adubações potássicas nesse tipo de solo devem ser feitas com maior frequência, porém em doses moderadas.

5) De forma análoga ao que foi descrito para o K, o suprimento de enxofre (S) e micronutrientes (zinco, boro, cobre, manganês, ferro e outros) costuma ser uma necessidade secundária no manejo de pastagens, mas requer maior atenção em sistemas intensificados. Em qualquer situação, a necessidade de enxofre normalmente é bem atendida por um bom período de tempo (vários

anos) quando se faz uso da gessagem (gesso agrícola contém de 15 a 18% de S) na etapa 1 de controle da acidez do solo. Assim como para as culturas anuais, o risco de deficiência de micronutrientes em pastagens é maior no caso do zinco (Zn) e do boro (B) em solos de Cerrado não adubados. Como medida de segurança para o estabelecimento de forrageiras e obrigatoriamente em se tratando de lavouras, recomenda-se uma adubação corretiva com fertilizantes contendo micronutrientes por ocasião da abertura de área.

6) A aplicação de modelos de balanço e equilíbrio de nutrientes, último degrau tecnológico, é mais justificada e deve ocorrer numa etapa mais avançada da condução de sistemas de produção de maior intensidade e complexidade. Não obstante, toda vez que se realiza algum diagnóstico nutricional de rotina no monitoramento de uma gleba, por meio de análises de solo e/ou foliares, a interpretação e a tomada de decisão habituais para orientar o manejo da fertilidade não deixam de envolver critérios básicos de balanço e equilíbrio de nutrientes.



Foto: Álvaro Vilela de Resende.

Figura 4. Limitações nutricionais ao crescimento da braquiária em solo de Cerrado. Da esquerda para a direita: 1) solo devidamente condicionado, com acidez corrigida e fornecimento de todos os macro e micronutrientes; 2) sem fornecimento de potássio; 3) sem fornecimento de fósforo; e 4) solo natural, sem nenhum condicionamento. Verifica-se que a ausência de K na adubação tem menor impacto no desenvolvimento das plantas do que a ausência de P.

É importante compreender que não se deve pular etapas nesse esforço de construção de ambientes de alto potencial produtivo. A base de fertilidade determinada pela realização das primeiras operações, notadamente o controle da acidez e o aumento da disponibilidade de P, tem que ser sólida, pois são pré-requisitos para que os passos seguintes tenham eficácia. A realização de etapas avulsas, sem o cumprimento das anteriores, normalmente resulta na inviabilidade econômica do investimento realizado. Somente por meio de um diagnóstico consistente, que assegure condições satisfatórias dos pré-requisitos, é que se pode definir o manejo partindo de etapas mais avançadas (Figura 3).

O que foi tratado até aqui diz respeito basicamente aos procedimentos para a consolidação de condições adequadas de fertilidade do solo, visando o estabelecimento de sistemas intensificados de produção de pastagens, integrados ou não com lavoura ou floresta. As aplicações de corretivos e adubos favorecem as plantas por períodos relativamente longos pelo seu efeito residual, cuja duração depende do nutriente, do tipo de corretivo ou fertilizante, das características do solo e da intensidade de exportação/demanda de nutrientes no sistema, dentre outros fatores. Cabe ressaltar que as práticas listadas até agora não dispensam as adubações de manutenção requeridas nos ciclos de cultivo/colheita/pastejo no decorrer dos anos. Um maior detalhamento operacional e mais informações técnicas serão descritos nos próximos tópicos, aproveitando um estudo de caso de implantação de sistema ILPF em ambiente de fazenda.

4 - Aplicando tecnologias para intensificação agropecuária na Fazenda Lagoa dos Currais

4.1 - Ambiente físico, histórico e propósitos

A Fazenda Lagoa dos Currais fica situada na zona de influência de Curvelo-MG, município da região Central do estado, onde predominam a bovinocultura e a produção de eucalipto, e a convivência com a restrição hídrica é um grande desafio enfrentado pelos produtores. A vegetação natural é típica do Cerrado, mas, diferentemente de outras partes desse bioma, as condições

climáticas nessa região impõem sérias dificuldades para a exploração de cultivos anuais (Figura 5).

Diferentes localidades no Cerrado mineiro apresentam variações edafoclimáticas, mas o déficit hídrico pela escassez de chuvas durante boa parte do ano nas regiões Central, Noroeste e Norte tem sido, recorrentemente, um fator limitante até mesmo para as forrageiras perenes, prejudicando o desempenho da atividade pecuária que depende das pastagens.

A título de comparação, observa-se na Figura 5 que as características climáticas e do balanço hídrico para municípios de Curvelo - MG e Jataí - GO apresentam grande contraste, embora ambos se situem em ambientes de Cerrado. Os volumes e a distribuição das chuvas ao longo do ano no município mineiro são menos favoráveis, com maior número de meses em que há déficit hídrico no solo, prejudicando a aptidão agrícola. Sob tais circunstâncias, não se pode prescindir de esforços para criar condições químico-físico-hídrica-biológicas no solo mais propícias ao desenvolvimento vegetal, de forma a compensar ao máximo os efeitos nocivos dos momentos de estresse hídrico sobre a fisiologia das plantas cultivadas em sequeiro. Nesse sentido, investimentos planejados na construção da fertilidade do solo podem fazer toda a diferença, otimizando a estrutura de produção da fazenda e aumentando a competitividade do produtor.

Até alguns anos atrás, o histórico de produção da Fazenda Lagoa dos Currais era de exploração extensiva da pecuária de corte, praticamente sem investimentos na formação/manutenção das pastagens, o que vinha acarretando em crescente estado de degradação de sua área física, conforme se pode visualizar em vista parcial por imagem de satélite na Figura 6. Porém, desde que foi adquirida pelos atuais proprietários, em 2013, a fazenda vem passando gradualmente por um processo de revitalização estrutural, envolvendo a recuperação de pastagens degradadas e o estabelecimento de sistema silvipastoril com eucalipto.

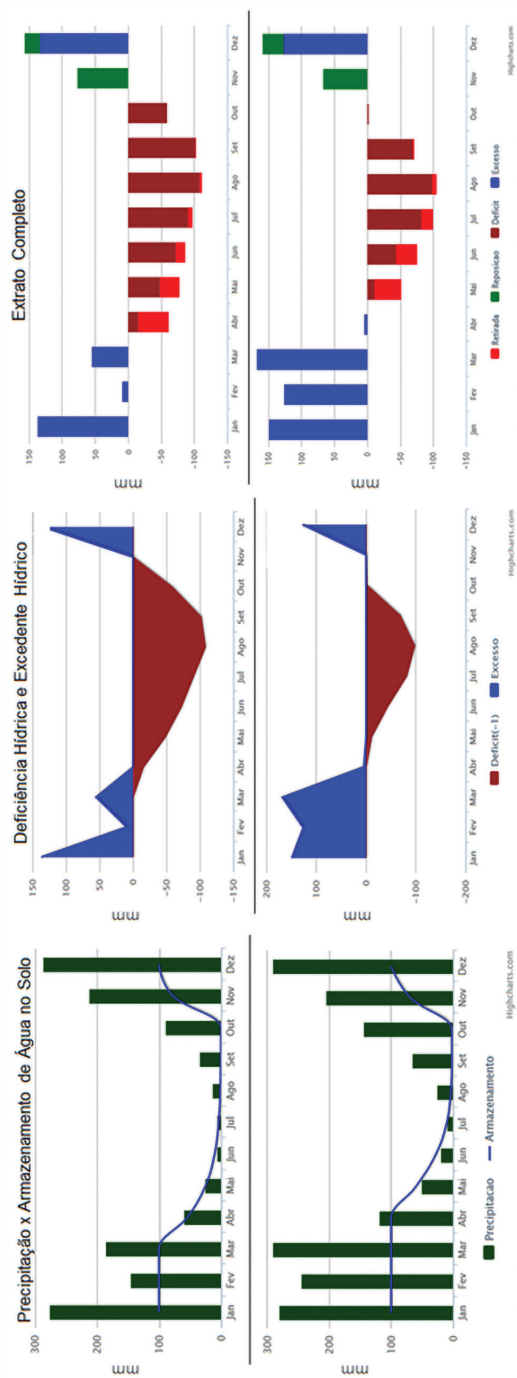


Figura 5. Características climáticas e balanço hídrico climatológico mensal, comparativos dos municípios de Curvelo-MG (acima) e Jataí-GO (abaixo). Fonte: adaptado de Instituto Nacional de Meteorologia (2020).

A partir de uma parceria firmada entre a Embrapa Milho e Sorgo e a Fazenda Lagoa dos Currais, com apoio da Associação Rede ILPF, em 2017, teve início a implantação de uma Unidade de Referência Tecnológica (URT) para a conversão de área de pastagem degradada em sistema ILPF, comparando quatro níveis de intensificação/investimento tecnológico (Figura 6).

Assim, a área total de 44 hectares foi dividida em quatro piquetes para renovação da pastagem com braquiária brizanta (*Urochloa brizantha* cv Marandu) e plantio de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* cv AEC 1144), com manejo variando de baixa a alta tecnologia em adubação, buscando correspondente melhoria do potencial de produção. O nível de investimento mínimo equivaliu ao padrão regional, no qual se aplicam somente calcário, gesso, fosfato e nitrogênio em doses moderadas na renovação de pastagens. Os demais níveis seguiram um crescente de utilização de maiores doses desses insumos, além de potássio e micronutrientes, até alcançar condições que viabilizassem maior intensificação do sistema, com a introdução de sorgo (BRS 658 forrageiro) como componente agrícola no primeiro ano (safra 2017/2018). O eucalipto recebeu adubação específica, uniforme nos quatro piquetes. A partir do segundo ano, estes permaneceram com braquiária e eucalipto, introduzindo-se o componente animal – bovino de corte (novilhas Guzerá).

A condução da URT Lagoa dos Currais tem por objetivo obter dados experimentais e informações de desempenho técnico e econômico na intensificação de sistemas ILPF em âmbito de fazenda, além de agregar iniciativas de desenvolvimento agropecuário regional com transferência e capacitação tecnológica. Uma equipe multidisciplinar de pesquisadores, analistas, estudantes de graduação e pós-graduação, além de pessoal de apoio, contribui para o trabalho nas áreas de manejo e conservação do solo, fertilidade e adubação, forragicultura, fitotecnia, fisiologia vegetal, manejo de pastagens, nutrição animal, manejo florestal, economia agrícola, serviços ambientais e transferência de tecnologia.

Dentre as ações vinculadas à URT, destacam-se as seguintes: 1) monitoramento da evolução da qualidade química, física e biológica do solo; 2) avaliação da produção, disponibilidade e qualidade da forragem; 3) acompanhamento do desempenho animal quanto ao ganho de peso; 4) mensuração do crescimento do eucalipto e do incremento anual de madeira; 5) obtenção de coeficientes técnicos e econômicos resultantes de menor ou maior investi-

mento tecnológico; e 6) disseminação dos resultados em publicações técnico-científicas e eventos (por exemplo, dias de campo e congressos).

No seu conjunto, as avaliações devem subsidiar a identificação de alternativas tecnológicas para maior produtividade e sustentabilidade na pecuária de corte a pasto via intensificação de uso da terra e manutenção de pastagens de maior valor nutricional, além de validar opções para diversificação de renda, nas condições da região Centro-Norte de Minas Gerais.

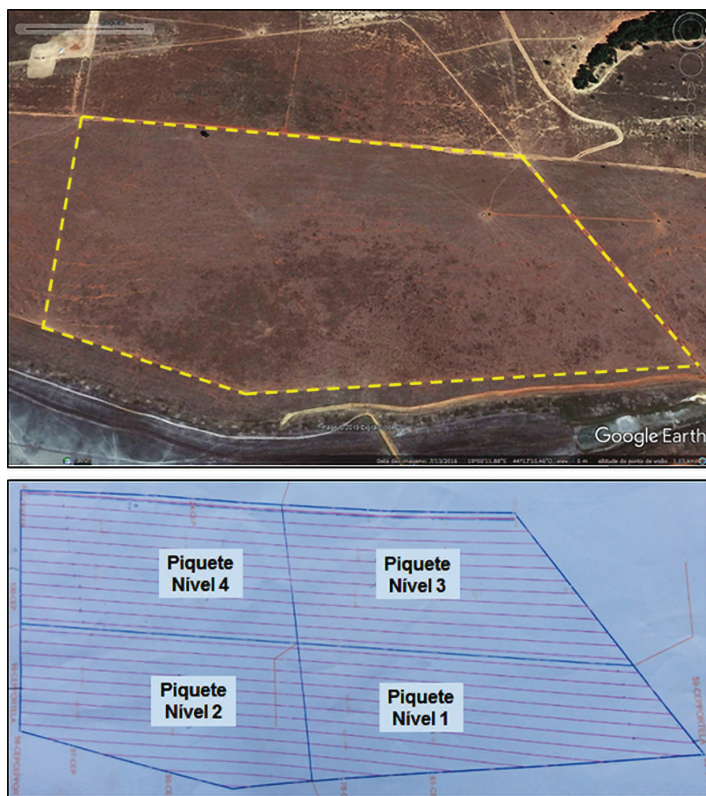


Figura 6. Acima: Imagem de satélite de 13/07/2016, com vista parcial da Fazenda Lagoa dos Currais, destacando a área com 44 hectares de pastagem degradada, onde viria a ser implantada a Unidade de Referência Tecnológica (URT) em ILPF (polígono pontilhado amarelo). Abaixo: Croqui da URT com quatro níveis de investimento tecnológico em sistema ILPF e linhas paralelas indicando a disposição dos renques de eucalipto. Fonte: adaptado do Google Earth® (2020) e acervo da Fazenda Lagoa dos Currais.

4.2 - Construindo a fertilidade no perfil de solo

A ampla adoção de técnicas de condicionamento do perfil do solo pela aplicação combinada de insumos, como calcário, gesso, fosfato e fontes de outros nutrientes, é uma etapa necessária para que se possa incrementar o patamar produtivo de uma região. Protocolos de construção e manutenção da fertilidade do solo precisam ser seguidos em todas as situações que envolvam cultivo de espécies produtoras de grãos, forragem e madeira, sobretudo em áreas sujeitas a déficit hídrico acentuado.

O estado de fertilidade do solo torna-se tão mais importante quanto mais limitante for a oferta climática em termos de quantidade e distribuição de chuvas ao longo do ano (Figura 5), e da ocorrência de altas temperaturas, condições que afetam a disponibilidade de água às raízes, prejudicando o atendimento da demanda fisiológica das culturas e pastagens. Uma planta terá melhores condições de suportar o estresse hídrico, e de se recuperar mais rapidamente, quando houver facilidade de acesso aos nutrientes nas quantidades requeridas e não existirem barreiras químicas ou físicas ao aprofundamento radicular no perfil do solo. Pode-se afirmar que um perfil com boa fertilidade química, física e biológica é o melhor seguro contra a seca.

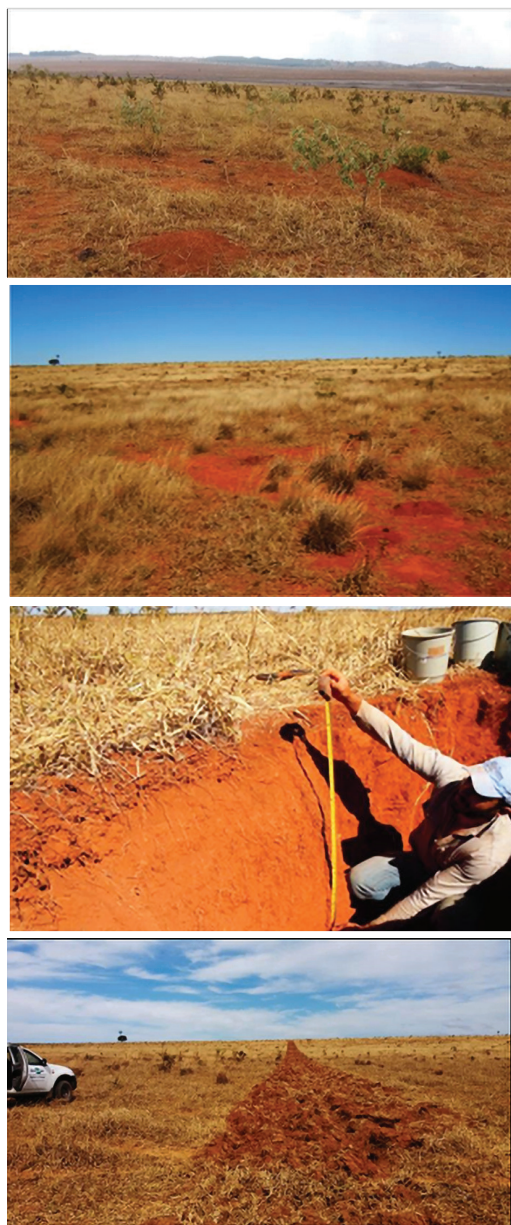
Embora as boas práticas para melhoria da fertilidade do solo sejam bem descritas na literatura e conhecidas dos produtores mais tecnificados, a conveniência e a efetividade de seu uso precisam ser aferidas regionalmente. As quantidades ótimas de corretivos e fertilizantes variam conforme a oferta edafoclimática, as características inerentes à composição e aos níveis de produtividade dos sistemas de produção, o histórico de manejo do solo e o perfil sociocultural dos produtores. As práticas prioritárias de intervenção para melhoria do solo (Figura 3) devem ser compatibilizadas com os recursos financeiros disponíveis, a capacidade operacional e o tipo de exploração econômica das propriedades, como ponto de partida para a viabilização de novos modelos de produção agropecuária. Assim, o posicionamento das técnicas de manejo da fertilidade deve seguir uma abordagem mais local e realista, respaldado pelo melhor diagnóstico possível.

As características iniciais do talhão disponibilizado pela Fazenda Lagoa dos Currais para a implantação da URT foram bastante oportunas e didáticas para as finalidades desse trabalho de pesquisa adaptativa. A área encontra-

va-se numa condição representativa da problemática verificada em toda a região Centro-Norte do estado, onde a atividade agropecuária tradicionalmente é conduzida de forma extensiva, em solos de Cerrado caracterizados por elevada acidez e pobreza generalizada de nutrientes, com níveis insuficientes de investimento tecnológico, culminando com a degradação das pastagens (Figura 7).

A adequação do dimensionamento das aplicações de corretivos e fertilizantes constitui o primeiro passo para a reversão desse quadro, de forma a viabilizar sistemas mais intensivos de uso da terra. Para que isso seja feito da maneira correta, antes de qualquer coisa, é preciso realizar um bom diagnóstico da área, por meio da amostragem e análise do solo, seguidas da interpretação agrônômica dos resultados (Quadro 1).

Apesar de se tratar de um Latossolo Vermelho Amarelo com perfil sem impedimentos físicos aparentes (Figura 7), os níveis de acidez (pH), presença de alumínio (Al e m) e baixa saturação por bases (V), assim como a disponibilidade insatisfatória de nutrientes (Quadro 1), confirmam a necessidade de intervenções para a construção da fertilidade no perfil. O teor de matéria orgânica era razoável na camada superficial, interpretado como “médio” para um solo de textura muito argilosa como no presente caso (68% de argila), mas diminuía sensivelmente abaixo de 20 cm de profundidade, o que pode ser reflexo da dificuldade de desenvolvimento de raízes de gramíneas que ainda persistiam em proporções variáveis no talhão (braquiária decumbens, andropogon e outras).



Fotos: Alvaro Vilela de Resende.

Figura 7. Aspecto geral da área de pastagem degradada, antes das operações de condicionamento do solo para o estabelecimento da URT Lagoa dos Currais. Trincheira para caracterização do solo e linha de gradagem demarcando limites dos piquetes da URT com uso de GPS.

Com base nos resultados médios das análises de solo (Quadro 1), foram delineados quatro tratamentos com níveis crescentes de investimento na melhoria do solo e estabelecimento de sistemas mais intensivos, conforme descrito nos Quadros 2 e 3. Os tratamentos foram alocados em quatro piquetes adjacentes, com cerca de 11 hectares cada, compondo então a URT (Figura 6). Para facilitar o reconhecimento/diferenciação dos tratamentos, eles serão assim designados ao longo desta publicação: Padrão Regional (ou Nível 1); Sistema Melhorado (ou Nível 2); Sistema Intensificado (ou Nível 3); e Produção Potencial (ou Nível 4).

Logicamente, o investimento incremental implica aumento de custos (Quadro 3). Por isso, os níveis de investimento/intensificação foram ajustados tendo foco principal na combinação braquiária-eucalipto, a qual, além de se adequar ao perfil da propriedade e da região como opção para recuperação de pastagem degradada e aumento de receita por unidade de área, é o sistema que permaneceria nos anos seguintes à etapa inicial de implantação da ILPF na URT. Portanto, a referência à “Produção Potencial” no Nível 4 diz respeito ao condicionamento de um ambiente de cultivo favorável à expressão de alta produtividade da pastagem de braquiária e do eucalipto, sem, necessariamente, atender também aos requisitos para alto rendimento de lavouras anuais mais exigentes.

É preciso esclarecer que, embora o dimensionamento de corretivos e fertilizantes para compor os tratamentos tenha sido calculado seguindo critérios de recomendação técnica indicados na literatura (Sousa; Lobato, 2004; Martha Júnior et al., 2007b), as quantidades efetivamente aplicadas (Quadros 2 e 3) sofreram pequenas variações em relação ao planejado. Tais diferenças foram resultantes das regulagens possíveis para o maquinário e insumos utilizados, bem como de ajustes operacionais de momento na condução dos piquetes. Esses fatores são condizentes com o que acontece na realidade, no dia a dia das fazendas. Não obstante, o manejo concretizado manteve os contrastes buscados entre os quatro níveis de investimento, tornando válidas as informações sobre as respostas obtidas, as quais serão apresentadas mais adiante.

Quadro 1. Resultados e interpretação de análises da amostragem inicial do solo (setembro/2017) na área da URT Lagoa dos Currais. Médias de 16 amostras.

| Profund. | pH | MOS | P | K | Ca | Mg | Al | CTC | S | B | Cu | Fe | Mn | Zn | V | m |
|----------------|-----|-----|-----------------------------|-----|-------|------|--|-------|-------|-------|------------|---------------------------|-------|-------|--------|------|
| cm | - | % | ... mg dm ⁻³ ... | ... | ... | ... | cmol _c dm ⁻³ ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | mg dm ⁻³ ..... | ..... | ..... | .... % | .... |
| 0-20 | 5,3 | 3,2 | 1,3 | 63 | 0,7 | 0,2 | 0,6 | 6,7 | 2 | 0,2 | 1,1 | 58 | 9 | 1,6 | 16 | 36 |
| 20-40 | 5,2 | 2,3 | 0,7 | 24 | 0,4 | <0,1 | 0,5 | 5,4 | n.a. | n.a. | 0,4 | 27 | 1 | <0,1 | 9 | 53 |
| Interpretação: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Muito baixo | | | Baixo | | Médio | | Adequado | | Alto | | Muito alto | | | | | |

Análises: pH em água. Teores de P e K determinados com o extrator Mehlich 1. Teor de S por extração com Ca(H₂PO₄)₂. Teor de B determinado por extração com água quente e teores de Cu, Fe, Mn e Zn usando o extrator Mehlich 1.
Teor de argila = 68%. MOS = matéria orgânica do solo. n.a. = não analisado. Interpretação de acordo com critérios para a profundidade de 0-20 cm (Ca e m de 0-20 e abaixo de 20 cm), propostos por Alvarez V. et al. (1999) e Sousa e Lobato (2004).

Quadro 2. Quantidades de corretivos e fertilizantes aplicadas ao longo das etapas de estabelecimento e manutenção de sistema ILPF com diferentes níveis de investimento tecnológico, até os 30 meses, na URT Lagoa dos Currais.

| Etapa | Corretivos, Fertilizantes e Operações | Níveis de Investimento | | | | Data |
|---------------------------|--|---|---|---|--|----------|
| | | Nível 1 Marandu/Eucalipto Padrão Regional | Nível 2 Marandu/Eucalipto Sistema Melhorado | Nível 3 Sorgo/Mar./Euc. Sistema Intensificado | Nível 4 Sorgo/Mar./Euc. Produção Potencial | |
| Construção da fertilidade | Calcário dolomítico PRNT 95% a lanço (t/ha) | 1,1 (V=32%) | 1,9 (V=43%) | 2,6 (V=53%) | 3,8 (V=70%) | Set/2017 |
| | Gesso agrícola a lanço (t/ha) | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 2,0 | Set/2017 |
| | P a lanço (kg/ha de NPK 10-50-00 / P ₂ O ₅) | 81/40 | 170/85 | 170/85 | 170/85 | Out/2017 |
| | K a lanço (kg/ha de cloreto de potássio / K ₂ O) | - | - | 80/48 | 131/79 | Out/2017 |
| | Micronutrientes a lanço (kg/ha de FTE BR12) | - | - | - | 51 | Out/2017 |
| Cultivo de sorgo | P sulco sorgo (kg/ha de NPK 10-50-00 / P ₂ O ₅) | - | - | 112/56 | 138/69 | Nov/2017 |
| | N junto ao P (lanço + sulco em kg/ha de N) | 8+0 | 17+0 | 17+11 | 17+14 | Nov/2017 |
| | N em cobertura (kg/ha de Ureia / N) | - | 87/40 | 140/64 | 140/64 | Dez/2017 |
| | P após silagem (kg/ha NPK 09-50-00 / P ₂ O ₅) | - | - | - | 96/48 | Abr/2018 |
| Após corte silagem | N junto ao P após silagem (kg/ha de N) | - | - | - | 9 | Abr/2018 |
| | N após silagem (kg/ha de Ureia / N) | - | - | - | 50/30 | Abr/2018 |
| | K após silagem (kg/ha cloreto de potássio / K ₂ O) | - | - | 98/45 | 98/45 | Abr/2018 |
| | N em cobertura (kg/ha de Ureia / N) | 95/43 | 95/43 | - | - | Dez/2018 |
| Adubações de manutenção | N em cobertura (kg/ha de Ureia / N) | - | - | 113/51 | 113/51 | Fev/2019 |
| | N em cobertura (kg/ha de Ureia / N) | - | - | - | 113/51 | Fev/2019 |
| | N em cobertura (kg/ha de Ureia / N) | - | 100/45 | 100/45 | 100/45 | Dez/2019 |
| | NPK em cobertura (kg/ha de NPK 10-10-10) | - | - | 95 | 164 | Jan/2020 |
| | N em cobertura (kg/ha de Ureia / N) | - | - | - | 100/45 | Fev/2020 |
| | N em cobertura (kg/ha de Ureia / N) | - | - | - | - | - |

*Detalhes operacionais sobre a aplicação dos insumos são apresentados ao longo do texto nos tópicos seguintes. As aplicações de nutrientes nas etapas "Após corte silagem" e "Adubações de manutenção" foram por distribuição a lanço na pastagem.

Quadro 3. Quantidades totais de corretivos e nutrientes aplicadas conforme o nível de investimento tecnológico em sistema ILPF, no período de 09/2017 a 03/2020 (30 meses), e respectivos custos, na URT Lagoa dos Currais.

| Corretivos e Nutrientes | Níveis de Investimento | | | |
|---|---|---|--|--|
| | Nível 1 Marandu/Eucalipto Padrão Regional | Nível 2 Marandu/Eucalipto Sistema Melhorado | Nível 3 Sorgo/Mar./Euc. Sistema Intensificado | Nível 4 Sorgo/Mar./Euc. Produção Potencial |
| Calcário dolomítico (t/ha) | 1,1 | 1,9 | 2,6 | 3,8 |
| Gesso agrícola (t/ha) | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 2,0 |
| Nitrogênio (kg/ha de N) | 51 | 145 | 242 | 357 |
| Fósforo (kg/ha de P ₂ O ₅) | 40 | 85 | 150 | 218 |
| Potássio (kg/ha de K ₂ O) | - | - | 57 | 125 |
| Micronutrientes (kg/ha de FTE BR12) | - | - | - | 51 |
| Custo dos insumos + operações mecanizadas (R\$/ha) | 1.091,81 | 1.701,90 | 2.611,25 | 3.924,05 |

4.2.1 - Calagem e gessagem

A acidez do solo é a limitação primária ao desenvolvimento das culturas, não apenas por estar associada à toxidez por alumínio ou baixa saturação por bases, mas também por implicar redução da disponibilidade de nutrientes e causar forte restrição na capacidade que as plantas têm de os aproveitarem. A carência de cálcio e presença de alumínio tóxico no perfil representam impeditivos ao crescimento e aprofundamento radicular, comprometendo a capacidade de aproveitamento de nutrientes e água. Assim, solos de Cerrado sem uma adequada correção com calcário e gesso agrícola não permitem ao produtor usufruir plenamente as vantagens das adubações.

Muitos dos benefícios da calagem e gessagem (Figura 8) não são facilmente percebidos ou mensurados pelos produtores e técnicos, mas em conjunto podem fazer toda a diferença quanto à estabilidade e ao retorno econômico do sistema de produção, inclusive quando se trata de espécies forrageiras com alguma tolerância à acidez do solo.

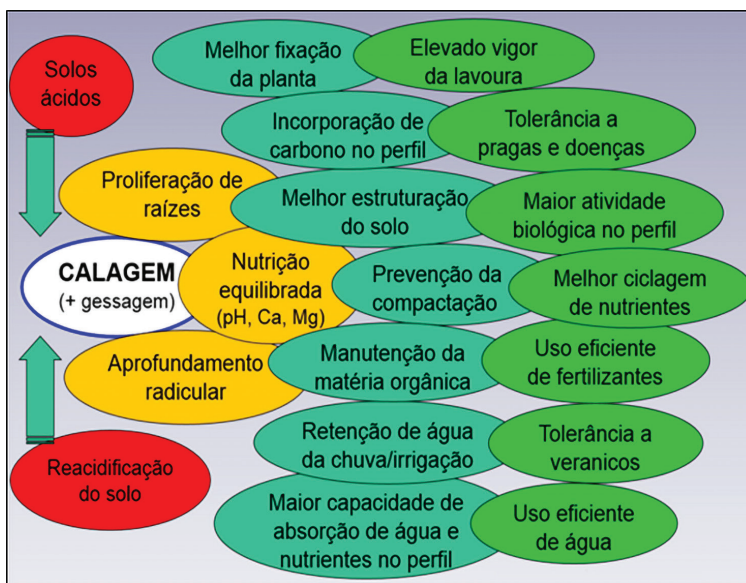


Figura 8. Benefícios diretos e indiretos decorrentes da aplicação de calcário e gesso em solos ácidos. Note-se que a reacidificação pode reverter todos os benefícios se não forem feitas novas aplicações periódicas. Elaboração: Álvaro Vilela de Resende.

Os compostos constituintes do calcário apresentam lenta mobilidade no perfil do solo, e, para obter melhor efeito na correção da acidez, o ideal é que o calcário seja espalhado em superfície e incorporado com implementos apropriados a pelo menos 20 cm de profundidade. Obviamente, essa condição ideal só é possível antecedendo a implantação da pastagem. Daí a importância do planejamento na atividade pecuária, aproveitando as ocasiões de recuperação ou renovação de pastos para aplicar o melhor da tecnologia disponível para o manejo da acidez do solo.

Os efeitos da calagem na elevação do pH, na neutralização do alumínio e no fornecimento de cálcio e magnésio normalmente se restringem à profundidade de incorporação do calcário, o que não elimina o problema da acidez abaixo da camada arável. Desta forma, o uso do gesso agrícola surge como estratégia para controle de componentes da acidez subsuperficial. Nesse sentido, para se confirmar a necessidade ou não da gessagem, é preciso realizar amostragem mais profunda do solo, na camada de 20 a 40 cm e preferencialmente também de 40 a 60 cm.

Operacionalmente, existe maior flexibilidade quanto à utilização do gesso, já que proporciona resultados muito satisfatórios mesmo sem incorporação. O gesso é constituído de sulfato de cálcio di-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), e, em contato com a umidade no solo, o produto da reação inicial apresenta mobilidade no perfil, alcançando as camadas não corrigidas pela calagem. Numa explicação simplificada, pode-se entender que, uma vez em subsuperfície, há dissociação liberando cálcio, enquanto o íon sulfato combina-se com o alumínio reduzindo sua atividade tóxica. Portanto, a gessagem conjuga os benefícios de suprir cálcio e enxofre, além de amenizar a toxidez por alumínio em camadas mais profundas do solo, complementando os efeitos da calagem (Figura 8). É preciso ficar claro, contudo, que uma prática não substitui a outra.

A realização da gessagem é uma forma efetiva de estimular o aprofundamento de raízes para explorar melhor o solo, proporcionando às plantas melhores condições de aproveitar a água e os nutrientes mais abaixo no perfil, o que auxilia na superação de períodos de restrição hídrica (veranicos). Com isso, tem-se também a possibilidade de uso da pastagem por um maior período de tempo no ano, estendendo a estação de pastejo para além da época chuvosa, já que as plantas poderão prolongar sua atividade fisiológica.

A calagem e a gessagem correspondem a investimentos de médio-longo prazos por causa dos seus efeitos duradouros, com previsão de retorno econômico em 4 a 5 anos. O efeito residual da gessagem é prolongado, variando de 5 anos em solos de textura arenosa até 15 anos em solos com textura muito argilosa (Vilela et al., 2007). Todavia, a reaplicação periódica de calcário/gesso deve fazer parte do programa de manejo da fertilidade, sobretudo em sistemas ILP/ILPF com adubações nitrogenadas frequentes, colheitas e pastejo intensivos, situações em que a reacidificação do solo ocorre de maneira mais acentuada.

No caso da URT Lagoa dos Currais, as operações de calagem, gessagem e adubações corretivas, de acordo com cada nível de investimento (Quadro 2), foram realizadas na seguinte sequência, ilustrada na Figura 9:

- Distribuição de calcário a lanço na área de pastagem degradada, seguida de incorporação profunda (até cerca de 20 cm) com grade aradora pesada, no final de setembro de 2017;
- Distribuição do gesso agrícola a lanço após a incorporação do calcário;
- Distribuição a lanço dos fertilizantes das adubações corretivas: fosfato (como formulado NPK 10-50-00), cloreto de potássio (60% de K_2O) e micronutrientes (FTE BR12), quando pertinente;
- Incorporação do gesso e fertilizantes com grade intermediária a mais ou menos 10 cm de profundidade;
- Gradagem niveladora deixando a área pronta para semeio no início de novembro de 2017.



Fotos: Álvaro Vilela de Resende.



Figura 9. A partir do alto, da esquerda para a direita: 1) aferição da regulação do equipamento para aplicação de corretivos; 2) distribuição de calcário; 3) incorporação do calcário com grade aradora pesada a 20 cm; 4) detalhe da grade aradora; 5) distribuição do gesso agrícola após incorporação do calcário; 6) distribuição do fosfato; 7) incorporação com grade intermediária a 10 cm; 8) gradagem niveladora.

4.2.2 - Adubações corretivas

Na escala de prioridades para o condicionamento do solo visando estabelecer maior potencial produtivo (Figura 3), a correção com fósforo é uma operação indispensável, pois a deficiência deste nutriente (Figura 4) praticamente inviabiliza que qualquer tentativa de introdução de espécies forrageiras ou outras culturas seja bem sucedida. Quando se trata de sistemas mais intensivos, é desejável também incrementar previamente as reservas de potássio e micronutrientes no solo, uma vez que, cedo ou tarde, sua disponibilidade irá interferir no equilíbrio nutricional e na produtividade.

A análise do Quadro 4 permite ter dimensão dos níveis de referência de atributos do solo, a serem buscados no manejo da fertilidade para o estabelecimento de alto potencial produtivo em sistemas ILPF. Observa-se que a disponibilidade ótima de P e K, assim como a saturação por bases (V) requerida, indica necessidade de menor investimento quando o objetivo é unicamente a formação de pastagem solteira de braquiária, em comparação à introdução de lavouras anuais (por exemplo, culturas graníferas ou forrageiras anuais). Portanto, a definição de valores ideais desses atributos, como alvos a serem alcançados nas análises de solo a partir das intervenções de manejo, deve ser balizada pela finalidade principal da atividade no âmbito de cada propriedade rural. À medida que se enfatizam a inclusão e o desempenho produtivo do componente lavoura, é preciso trabalhar com maiores doses de fertilizantes e corretivos para deixar o solo adequado a tal propósito.

O investimento em adubações corretivas para a formação de pastagens é geralmente limitado em todo o Brasil em especial no Cerrado do Centro-Norte de Minas Gerais, onde ainda hoje prevalece o caráter basicamente extrativista da atividade pecuária na maioria das propriedades.

No tocante às adubações corretivas na URT Lagoa dos Currais, o menor nível de investimento, aqui denominado “Padrão Regional” (Quadro 2), buscou representar a situação das fazendas de gado de corte que fazem uso somente de quantidades módicas de fertilizante fosfatado objetivando a construção da fertilidade do solo na formação de pastagens. No segundo nível de investimento, chamado “Sistema Melhorado”, incrementou-se um pouco mais a fosfatagem corretiva. Já nos níveis seguintes, foram feitos investimentos crescentes em fosfatagem e potassagem corretivas (Nível 3 – “Sistema

Intensificado”), incluindo até micronutrientes (Nível 4 – “Produção Potencial”), de modo a viabilizar a introdução do sorgo forrageiro na implantação do sistema ILPF.

Nesses dois últimos níveis, as adubações realizadas no sulco de semeadura do sorgo e após o corte para silagem complementaram a construção da fertilidade do solo com P e K (Quadro 2), considerando que as aplicações desses nutrientes deixam efeito residual, principalmente no caso do P.

Quadro 4. Valores de referência para atributos do solo na região do Cerrado, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, acima dos quais se admite a condição de fertilidade construída para pastagens de média exigência ou para lavouras anuais. Fonte: adaptado de Alvarez V. et al. (1999), Sousa e Lobato (2004), Martha Júnior et al. (2007b), Benites et al. (2010).

| Teor de argila | Atributos associados à fertilidade do solo | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--|-----------------------------|-----|--|-------|-------|-------|---------------------------|-------|-------|----|
| | MOS | P | K | Ca | Mg | S | B | Cu | Mn | Zn | V |
| g kg ⁻¹ | g kg ⁻¹ | ... mg dm ⁻³ ... | ... | .. cmol _c dm ⁻³ .. | ..... | ..... | ..... | mg dm ⁻³ ..... | ..... | ..... | % |
| Pastagem de Média Exigência | | | | | | | | | | | |
| ≤ 150 | 10 | 11 | 40 | 2,4 | 0,9 | 9 | 0,5 | 0,8 | 5,0 | 1,6 | 40 |
| 160 a 350 | 20 | 9 | 50 | | | | | | | | |
| 360 a 600 | 30 | 5 | | | | | | | | | |
| > 600 | 35 | 2,5 | | | | | | | | | |
| Lavouras Anuais | | | | | | | | | | | |
| ≤ 150 | 10 | 25 | 40 | 2,4 | 1,0 | 9 | 0,5 | 0,8 | 5,0 | 1,6 | 50 |
| 160 a 350 | 20 | 20 | 80 | | | | | | | | |
| 360 a 600 | 30 | 12 | | | | | | | | | |
| > 600 | 35 | 6 | | | | | | | | | |

Teores de P e K determinados com o extrator Mehlich 1. Teor de S determinado por extração com $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ e interpretação considerando a média dos valores obtidos em amostras coletadas nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. Teor de B determinado por extração com água quente e teores de Cu, Mn e Zn determinados usando o extrator Mehlich 1, com interpretação considerando o pH (água) do solo próximo de 6,0.

Diferentemente da calagem, a incorporação do fertilizante fosfatado e das demais fontes de nutrientes aplicadas nas adubações corretivas pode ser mais rasa, a cerca de 10 cm de profundidade (Figura 9). Isso se deve a razões econômicas, uma vez que são necessárias quantidades mais elevadas de fertilizantes quando se busca aumentar a disponibilidade de nutrientes numa camada de maior espessura no perfil.

Os cuidados em se conseguir distribuição e incorporação uniformes das adubações corretivas são importantes, sobretudo quando não houver previsão de revolvimento posterior do solo. De preferência, os nutrientes devem estar distribuídos uniformemente em todo volume da camada de incorporação, para que as plantas cresçam em condições niveladas de competição entre si, formando uma pastagem mais homogênea. Quando a adubação é feita exclusivamente em sulcos, criam-se zonas de alta e baixa disponibilidade dos nutrientes menos móveis (por exemplo, P e Zn), favorecendo o surgimento de falhas na cobertura vegetal.

Na URT Lagoa dos Currais, a braquiária Marandu foi semeada na superfície do solo em todos os piquetes, a partir do dia 08/11/2017, distribuindo-se cerca de 10 kg/ha de sementes com 60% de Valor Cultural utilizando uma semeadora de grãos miúdos e, em seguida, foi feita leve incorporação com passagem de grade niveladora fechada (Figura 10). Nos piquetes dos Níveis 3 e 4 de investimento, as operações prosseguiram com a realização da semeadura e adubação de base do sorgo forrageiro BRS 658, no dia 13/11/2017, em espaçamento de 0,74 m entre linhas e densidade de 150 mil sementes por hectare. Apenas com finalidade comparativa experimental, uma das faixas entre as linhas de eucalipto nos Níveis 1 e 2 também foi semeada com sorgo, sem, entretanto, receber adubação de base, a fim de demonstrar que os respectivos investimentos realizados não promoveriam fertilidade suficiente para viabilizar culturas com maior exigência.

Ainda na Figura 10, pode-se visualizar a operação de semeadura do sorgo e a etapa de adubação nitrogenada em cobertura com ureia no estágio de quatro folhas, realizada nos piquetes dos Níveis 2, 3 e 4. Uma segunda cobertura foi aplicada somente nos Níveis 3 e 4, quando o sorgo apresentava seis folhas (vide quantidades fornecidas de N no Quadro 2). Por fim, a figura mostra aspectos da implantação do eucalipto, a qual será descrita no tópico a seguir.

4.3 - Adubação do eucalipto

A etapa de semeadura da braquiária e do sorgo ocorreu na primeira quinzena de novembro de 2017, com as linhas do eucalipto já demarcadas previamente utilizando-se GPS. As mudas clonadas (*Eucalyptus urophylla* cv AEC 1144) foram plantadas na primeira semana de janeiro de 2018 (Figura 10). O espaçamento adotado foi de 20 m x 4 m entre linhas e plantas, respectivamente, correspondendo a 125 árvores por hectare.

Operações para fornecimento de nutrientes foram realizadas especificamente nas linhas de eucalipto, envolvendo distribuição de fertilizante na abertura dos sulcos e em covetas próximas às mudas, além de aplicações em cobertura e em pulverizações foliares. Essas adubações do eucalipto foram iguais em todos os piquetes da URT (Quadro 5), seguindo procedimentos e dosagens estabelecidos por empresa de consultoria especializada (RR Agroflorestral).

Embora as adubações específicas do componente florestal tenham seguido um padrão único, é provável que o eucalipto venha a se beneficiar dos níveis crescentes de investimento em fertilidade do solo aplicados ao sistema ILPF como um todo, haja vista que o seu sistema radicular irá se desenvolver, explorando a faixa entre os renques.

4.4 - Adubações de manutenção da pastagem

Em março de 2018, o sorgo consorciado com braquiária foi colhido para silagem, e a braquiária solteira foi cortada para fenação, conforme a composição de cada piquete. Desde então, toda a URT permaneceu ocupada pela pastagem e o eucalipto (sistema silvipastoril), ocorrendo a primeira entrada de novilhas Guzerá para pastejar em meados de dezembro de 2018 (Figura 11). Nessa fase, iniciaram-se as adubações de manutenção da braquiária, variando a periodicidade de aplicação e as dosagens de fertilizantes nos piquetes, de acordo com o nível de investimento, como descrito no Quadro 2. Desse modo, o programa de reposição de nutrientes à pastagem ao longo do tempo também obedeceu e reforçou o contraste dos níveis tecnológicos planejados para a URT.



Fotos: Álvaro Vilela de Resende.

Figura 10. A partir do alto, da esquerda para a direita: 1) semeadora de grãos miúdos; 2) detalhe da caixa de sementes para braquiária; 3) grade niveladora fechada para incorporação das sementes de braquiária; 4) semeadura e adubação de base do sorgo; 5) primeira adubação de cobertura no sorgo; 6) equipamento sulcador-adubador para eucalipto; 7) plantio de mudas clonadas de eucalipto; 8) linha de eucalipto logo após o pegamento das mudas.

Na fase de manutenção, o nitrogênio é o nutriente mais demandado e cuja aplicação requer cuidados para maior eficiência de aproveitamento pela pastagem. O seu fornecimento deve ser realizado por meio de adubações em cobertura, parceladas no período chuvoso. A ureia é o adubo nitrogenado mais barato, porém sujeito a expressivas perdas por volatilização no campo. A maior eficiência de recuperação é obtida com a utilização de menores doses, abaixo de 50 kg/ha de N (Martha Júnior et al., 2007a). A distribuição a lanço, em dias mais frescos, e em momentos com boa probabilidade de ocorrência de chuvas nas 24 horas seguintes à adubação são medidas para assegurar melhor aproveitamento da ureia. É melhor aplicar essa fonte numa condição mais seca, com chuva nas horas ou no dia seguinte, do que aplicar no molhado, mas sem perspectiva de haver precipitação em curto espaço de tempo.

4.5 - Aferição de resultados: solo e pastagem

Nesta Circular Técnica são enfocados os resultados de evolução da fertilidade do solo e algumas características relacionadas ao vigor vegetativo da pastagem, em resposta ao investimento tecnológico no sistema ILPF. Dados de desempenho dos componentes forrageiro, animal e florestal, assim como detalhamentos acerca de tratamentos culturais, manejo animal, avaliações realizadas e análise econômica, integram o conteúdo de outras três publicações (Borghi et al., 2020; Campanha et al., 2020; Gontijo Neto et al., 2020) dedicadas a reportar o trabalho que vem sendo desenvolvido na URT Lagoa dos Currais.

Para caracterização de efeitos dos níveis de aplicação de corretivos da acidez e de fertilizantes nas adubações do sistema ILPF, foi estabelecida uma grade (“grid”) de amostragem de solo com tamanho de malha aproximado de um hectare. Foram obtidas doze amostras por piquete (Figura 11), sendo cada uma composta a partir de nove amostras simples. Estas foram coletadas em caminamento diagonal dentro de cada malha da grade amostral, considerando as coordenadas geográficas do ponto central para o georreferenciamento dos dados. As coletas foram feitas ao final do mês de novembro de 2018 (início do período chuvoso, um ano depois de iniciado o sistema ILPF), nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, utilizando trado tipo calador.

Quadro 5. Quantidades de fertilizantes aplicadas e custo correspondente à adubação para o estabelecimento do eucalipto em sistema ILPF, no período de 01/2018 a 03/2020 (26 meses), na URT Lagoa dos Currais.

| Etapa | Fertilizantes e Operações | Quantidade (kg/ha) | Data |
|--|---|--------------------|----------|
| Plantio | Adubo NPK 10-28-10 + (0,3% B, 0,6% Cu, 0,8% Zn) no sulco | 30 | Jan/2018 |
| | Fosfato monoamônico (MAP) em solução p/ mudas | 0,02 | Jan/2018 |
| | Adubo NPK 10-28-10 + (0,3% B, 0,6% Cu, 0,8% Zn) na coveta | 20 | Jan/2018 |
| Adubações foliares e em cobertura | Ácido bórico em pulverização foliar | 1,00 | Jul/2018 |
| | MAP purificado em pulverização foliar | 0,20 | Jul/2018 |
| | Cloreto de potássio purificado em pulverização foliar | 0,20 | Jul/2018 |
| | Adubo NPK 20-05-15 em cobertura | 50 | Out/2018 |
| | Ácido bórico em pulverização foliar | 1,00 | Set/2019 |
| | MAP purificado em pulverização foliar | 0,20 | Set/2019 |
| | Cloreto de potássio purificado em pulverização foliar | 0,20 | Set/2019 |
| | Adubo NPK 09-36-09 em cobertura | 50 | Nov/2019 |
| | Ureia em cobertura | 30 | Nov/2019 |
| | Cloreto de potássio em cobertura | 30 | Nov/2019 |
| Custo de insumos + operações mecanizadas (R\$/ha): 460,61 | | | |

* O manejo nutricional específico do eucalipto foi padronizado na URT Lagoa dos Currais, sendo o mesmo nos quatro níveis de investimento tecnológico em ILPF. Espaçamento de 20 m entre linhas x 4 m entre plantas.

Nessa mesma época, foram realizadas medições de NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) dado pelo equipamento GreenSeeker® e de altura da braquiária, além de amostragem da biomassa com corte das plantas a 10 cm de altura em 1 m² de área (Figura 11). Essas avaliações foram feitas em cinco pontos no caminhar diagonal em cada malha da mesma grade amostral utilizada para a coleta de solo, cuidando para que os referidos pontos representassem locais com maior e menor influência das linhas de eucalipto, ou seja, nas bordas e também mais ao centro das faixas entre renques. Com esses procedimentos, para cada piquete, foram obtidos doze registros georreferenciados das variáveis mencionadas, sendo que, neste caso, um registro representou a média dos cinco pontos avaliados por hectare.

Em continuidade ao monitoramento periódico, os mesmos processos de amostragem em grade para avaliação do solo e da pastagem foram realizados novamente entre o final de novembro e o início de dezembro de 2019, após dois anos de implantação da URT. O índice de vegetação NDVI na área da URT também foi obtido em outras épocas, por meio de processamento de imagem de satélite disponibilizado pelo aplicativo At Farm® (2020).

Além da obtenção da média por nível de investimento tecnológico, o esquema de avaliações seguindo uma grade amostral georreferenciada permitiu tratar os resultados com procedimentos de geoestatística e geoprocessamento, de modo a se obter mapas representando a variação espacial dos atributos medidos ao longo de toda a área dos quatro piquetes da URT.

Parte dos resultados obtidos até o momento é apresentada a seguir, buscando-se destacar os principais reflexos de médio prazo, decorrentes do estabelecimento de sistema ILPF com diferentes níveis de investimento em fertilidade do solo e intensificação de cultivos.



Fotos: Miguel Marques Gontijo Neto e Álvaro Vilela de Resende.

Figura 11. A partir do alto, da esquerda para a direita: 1) sorgo consorciado com braquiária nos Níveis 3 e 4 sendo colhido para silagem; 2) braquiária solteira nos Níveis 1 e 2 cortada para feno; 3) primeira entrada de novilhas em pastejo; 4) adubação de manutenção da braquiária; 5) grade amostral para avaliações do solo e da pastagem em pontos georreferenciados; 6) coleta de amostra de solo; 7) leitura do índice de vegetação NDVI da pastagem; 8) amostragem de biomassa do capim. Imagem de satélite: adaptada de Google Earth® (2020).

4.5.1 - Impactos do manejo da fertilidade em atributos químicos do solo

Comparativamente às condições médias iniciais da área de pastagem degradada (Quadro 1), os atributos da fertilidade do solo apresentaram melhorias significativas, proporcionais aos níveis de aplicação de corretivos e fertilizantes, nas amostragens realizadas após um ano (Quadro 6) e dois anos (Quadro 7) da implantação da URT. Graças aos maiores investimentos em calagem, gessagem e adubações corretivas, os teores e saturação por Al (m) foram reduzidos nos Níveis 3 e 4, enquanto os valores de P, K, Ca, Mg, S e V foram incrementados, podendo estes ser interpretados como médios a adequados do ponto de vista agronômico.

A visualização na forma de mapas permite verificar a persistência de considerável variabilidade espacial da fertilidade dentro da área de cada piquete e em diferentes camadas amostradas no perfil (Figuras 12 e 13), o que chama atenção para as imperfeições típicas de operações mecanizadas de distribuição e incorporação de corretivos e fertilizantes, as quais não garantem total uniformização, sobretudo nas primeiras intervenções. De qualquer modo, é nítido o contraste dos Níveis 3 e 4 em relação aos Níveis 1 e 2, no tocante à evolução da qualidade química do solo, alcançada com manejo diferenciado da fertilidade nos dois primeiros anos do sistema ILPF.

Vale notar que os atributos químicos no tratamento chamado de “Sistema Intensificado” – Nível 3, e especialmente naquele em que se almejava chegar à “Produção Potencial” do sistema braquiária-eucalipto – Nível 4 (Quadros 6 e 7, Figuras 12 e 13), ainda ficaram aquém do esperado quando se buscam ambientes para alta produtividade de lavouras anuais (Quadro 4). Isso evidencia o forte tamponamento desse tipo de solo, resistindo em modificar as condições iniciais de acidez e de disponibilidade de nutrientes, e fazendo com que, muitas vezes, a construção da fertilidade tenha que ser executada e ajustada gradualmente no decorrer de alguns anos de manejo da área. Não obstante, considerando os valores de referência para pastagens de média exigência (Quadro 4), como a braquiária Marandu, componente que é o foco principal do sistema ILPF na URT Lagoa dos Currais, constata-se o alcance de um “*status*” de fertilidade bastante satisfatório nos Níveis 3 e 4.

É bem estabelecido na literatura que, uma vez superado o grau inicial de extrema limitação nutricional inerente a um solo argiloso de Cerrado recém aberto ao uso agrícola, as melhorias obtidas com novas aplicações de corretivos e fertilizantes vão se tornando mais consistentes. A razão para isso é que a maioria dos atributos químicos desejáveis tende a ser favorecida pelo efeito residual cumulativo das práticas de manejo da fertilidade (Sousa; Lobato, 2004; Resende et al., 2016). Nesse contexto, as melhorias sutis e menos duradouras observadas nos Níveis 1 e 2 (Quadros 6 e 7, Figuras 12 e 13) indicam que os investimentos realizados nestes piquetes provavelmente foram insuficientes para romper aquela forte limitação inicial. Esse resultado ilustra uma situação pouco vantajosa e bastante frequente, ligada à decisão de muitos pecuaristas de diluir a aplicação de insumos, usando baixas dosagens para cobrir uma maior extensão de área.

Por sua vez, a condição favorável alcançada com os aportes mais intensivos de nutrientes nos Níveis 3 e 4 (Quadros 6 e 7, Figuras 12 e 13) deverá persistir por maior período de tempo, conferindo resiliência e estabilidade produtiva à pastagem por vários anos (Martha Júnior et al., 2007b). Vale lembrar que, quando se consegue construir adequadamente a fertilidade no perfil, o fenômeno de tamponamento, tão mais intenso quanto mais argiloso for o solo, passa a atuar no sentido de prolongar a duração dos benefícios às plantas.

Quadro 6. Resultados e interpretação de análises da amostragem de solo após um ano de implantação de sistema ILPF com diferentes níveis de investimento tecnológico na URT Lagoa dos Currais. Médias de 12 amostras compostas. Novembro/2018.

| Prof. (cm) | Investi-mento | pH | MOS | P | K | Ca | Mg | Al | CTC | S | B | Cu | Fe | Mn | Zn | V | m |
|----------------|---------------|-------|-----|-----------------------------|-----|----------|--|------|-----|------------|------|------|-------------------------|------|------|-----|-------|
| | | - | % | ... mg dm ⁻³ ... | ... | ... | cmol _c dm ⁻³ ... | ... | ... | ... | ... | ... | mg dm ⁻³ ... | ... | ... | ... | % ... |
| 0-10 | Nível 1 | 5,4 | 3,3 | 2,1 | 50 | 1,2 | 0,5 | 0,2 | 6,6 | 15 | 0,2 | 0,9 | 48 | 19 | 0,4 | 28 | 7 |
| | Nível 2 | 5,3 | 3,4 | 2,2 | 42 | 1,0 | 0,5 | 0,2 | 6,2 | 14 | 0,2 | 0,9 | 48 | 19 | 0,3 | 26 | 12 |
| | Nível 3 | 5,2 | 3,5 | 4,5 | 51 | 1,5 | 0,7 | 0,2 | 6,8 | 11 | 0,2 | 0,8 | 54 | 14 | 0,2 | 34 | 4 |
| | Nível 4 | 5,3 | 3,6 | 4,7 | 68 | 1,6 | 0,8 | 0,2 | 6,5 | 15 | 0,3 | 0,8 | 66 | 12 | 0,8 | 41 | 1 |
| 10-20 | Nível 1 | 5,0 | 3,1 | 1,4 | 38 | 0,8 | 0,3 | 0,2 | 5,2 | 27 | 0,2 | 0,9 | 75 | 11 | 0,3 | 23 | 17 |
| | Nível 2 | 4,8 | 2,6 | 1,4 | 32 | 0,7 | 0,3 | 0,4 | 5,5 | 21 | 0,2 | 0,8 | 52 | 15 | 0,1 | 21 | 28 |
| | Nível 3 | 5,0 | 2,8 | 1,7 | 38 | 1,1 | 0,5 | 0,2 | 5,1 | 20 | 0,1 | 0,7 | 39 | 10 | 0,1 | 32 | 14 |
| | Nível 4 | 4,9 | 3,2 | 1,6 | 41 | 1,0 | 0,4 | 0,3 | 5,1 | 34 | 0,3 | 0,7 | 48 | 8 | 0,1 | 30 | 19 |
| 20-40 | Nível 1 | 5,0 | 2,6 | 0,9 | 28 | 0,5 | 0,2 | 0,3 | 4,7 | 9 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | 16 | 29 |
| | Nível 2 | 5,0 | 2,3 | 1,3 | 26 | 0,5 | 0,2 | 0,4 | 4,9 | 9 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | 16 | 37 |
| | Nível 3 | 4,9 | 2,5 | 1,5 | 32 | 0,7 | 0,2 | 0,4 | 5,1 | 9 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | 19 | 29 |
| | Nível 4 | 4,9 | 2,8 | 2,1 | 39 | 0,8 | 0,2 | 0,4 | 4,9 | 19 | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | 22 | 26 |
| Interpretação: | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Muito baixo | | Baixo | | Médio | | Adequado | | Alto | | Muito alto | | | | | | | |

Níveis de Investimento: 1 = Padrão regional; 2 = Sistema Melhorado; 3 = Sistema Intensificado; 4 = Produção Potencial.
Teor de argila = 68%. MOS = matéria orgânica do solo. n.a. = não analisado. Interpretação adaptada de critérios para a profundidade de 0-20 cm (Ca e m de 0-20 e abaixo de 20 cm), propostos por Alvarez V. et al. (1999) e Sousa e Lobato (2004).
Análises: pH em água. Teores de P e K determinados com o extrator Mehlich 1. Teor de S determinado por extração com Ca(H₂PO₄)₂. Teor de B determinado por extração com água quente e teores de Cu, Mn e Zn determinados usando o extrator Mehlich 1.

Quadro 7. Resultados e interpretação de análises da amostragem de solo após dois anos de implantação de sistema ILPF com diferentes níveis de investimento tecnológico na URT Lagoa dos Currais. Médias de 12 amostras compostas. Dezembro/2019.

| Prof. (cm) | Investi- mento | pH | MOS | P | K | Ca | Mg | Al | CTC | S | B | Cu | Fe | Mn | Zn | V | m |
|----------------|-------------------|-------|-----|-----------------------------|-----|----------|----------------------------|------|-----|------------|-----|-----|-------------------------|-----|-----|-----|--------|
| | | - | % | ... mg dm ⁻³ ... | ... | ... | cmolc dm ⁻³ ... | ... | ... | ... | ... | ... | mg dm ⁻³ ... | ... | ... | ... | % |
| 0-10 | Nível 1 | 4,8 | 3,7 | 2,7 | 35 | 1,2 | 0,5 | 0,2 | 7,2 | 6 | 0,3 | 1,0 | 62 | 23 | 0,1 | 25 | 11 |
| | Nível 2 | 4,8 | 3,5 | 2,9 | 34 | 1,2 | 0,6 | 0,3 | 7,6 | 5 | 0,2 | 0,9 | 66 | 16 | 0,1 | 25 | 16 |
| | Nível 3 | 5,1 | 4,0 | 3,5 | 59 | 1,9 | 1,0 | 0,2 | 8,1 | 4 | 0,3 | 0,9 | 82 | 17 | 0,1 | 38 | 6 |
| | Nível 4 | 5,2 | 4,6 | 3,7 | 75 | 2,1 | 1,1 | 0,2 | 8,3 | 5 | 0,4 | 0,9 | 80 | 15 | 2,7 | 40 | 5 |
| 10-20 | Nível 1 | 4,8 | 3,4 | 2,3 | 23 | 1,1 | 0,4 | 0,4 | 7,1 | 14 | 0,3 | 0,9 | 65 | 17 | 0,1 | 21 | 23 |
| | Nível 2 | 4,6 | 3,1 | 2,1 | 19 | 0,7 | 0,3 | 0,6 | 6,9 | 9 | 0,2 | 0,9 | 55 | 11 | 0,1 | 15 | 37 |
| | Nível 3 | 4,9 | 3,4 | 2,5 | 28 | 1,6 | 0,7 | 0,4 | 7,6 | 12 | 0,3 | 0,9 | 79 | 12 | 0,1 | 31 | 16 |
| | Nível 4 | 4,8 | 3,5 | 2,5 | 30 | 1,3 | 0,6 | 0,4 | 7,2 | 19 | 0,4 | 0,9 | 74 | 9 | 0,1 | 27 | 20 |
| 20-40 | Nível 1 | 4,7 | 2,8 | 2,5 | 16 | 0,6 | 0,2 | 0,5 | 6,3 | 7 | 0,2 | 0,9 | 54 | 14 | 0,1 | 13 | 39 |
| | Nível 2 | 4,6 | 2,4 | 2,2 | 9 | 0,6 | 0,1 | 0,7 | 5,9 | 8 | 0,1 | 0,9 | 56 | 10 | 0,1 | 13 | 49 |
| | Nível 3 | 4,8 | 2,7 | 2,7 | 22 | 1,2 | 0,4 | 0,6 | 6,6 | 10 | 0,2 | 1,0 | 77 | 9 | 0,1 | 25 | 29 |
| | Nível 4 | 4,6 | 2,5 | 2,3 | 17 | 0,8 | 0,3 | 0,7 | 6,1 | 15 | 0,3 | 0,8 | 59 | 5 | 0,1 | 18 | 41 |
| Interpretação: | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Muito baixo | | Baixo | | Médio | | Adequado | | Alto | | Muito alto | | | | | | | |

Níveis de Investimento: 1 = Padrão regional; 2 = Sistema Melhorado; 3 = Sistema Intensificado; 4 = Produção Potencial.

Teor de argila = 68%. MOS = matéria orgânica do solo. n.a. = não analisado. Interpretação adaptada de critérios para a profundidade de 0-20 cm (Ca e m de 0-20 e abaixo de 20 cm), propostos por Alvarez V. et al. (1999) e Sousa e Lobato (2004).

Análises: pH em água. Teores de P e K determinados com o extrator Mehlich 1. Teor de S determinado por extração com $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. Teor de B determinado por extração com água quente e teores de Cu, Mn e Zn determinados usando o extrator Mehlich 1

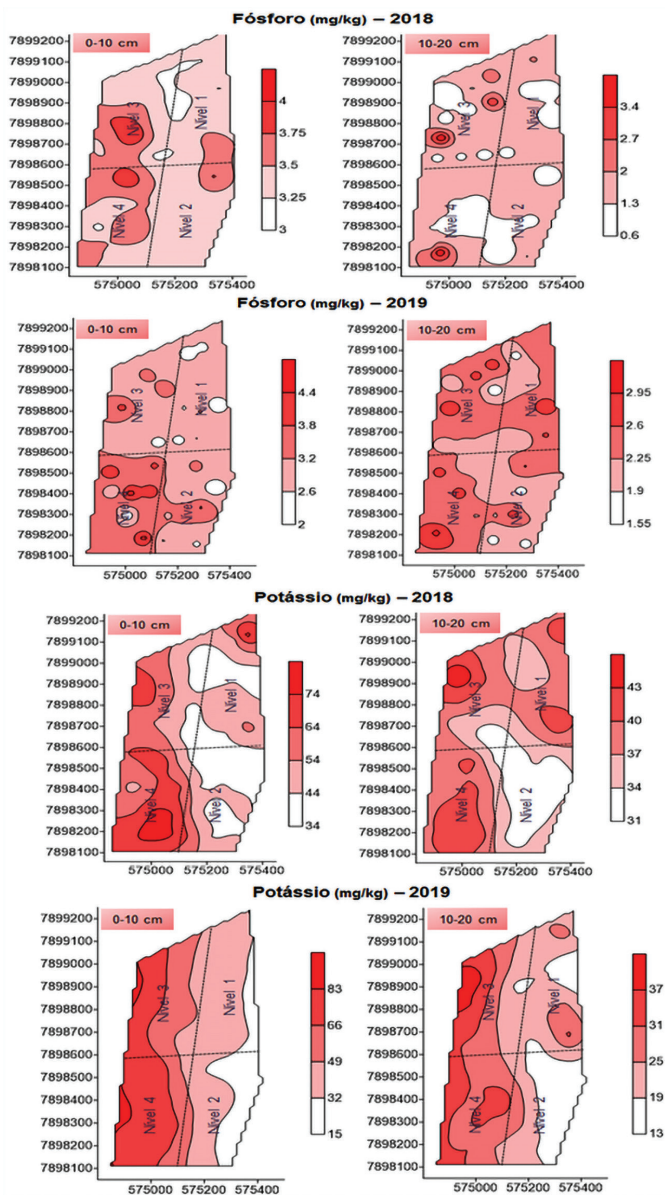


Figura 12. Mapas mostrando a variação espacial dos teores de fósforo (Mehlich 1) e de potássio nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade do solo, nos piquetes com diferentes níveis de investimento tecnológico, após um ano (2018) e dois anos (2019) da implantação do sistema ILPF na URT Lagoa dos Currais. Fonte dos mapas: original dos autores.

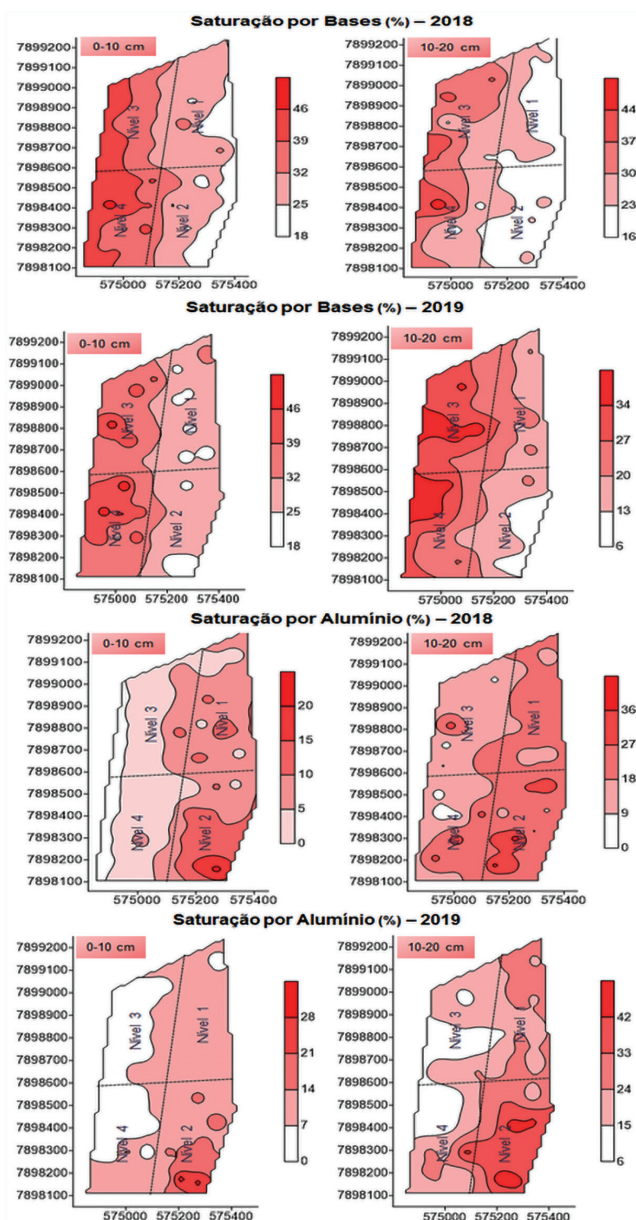


Figura 13. Mapas mostrando a variação espacial da saturação por bases e da saturação por alumínio nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade do solo, nos piquetes com diferentes níveis de investimento tecnológico, após um ano (2018) e dois anos (2019) da implantação do sistema ILPF na URT Lagoa dos Currais. Fonte dos mapas: original dos autores.

4.5.2 - Impactos do manejo da fertilidade no vigor da pastagem

As diferenças nas condições de fertilidade entre os piquetes (Quadros 6 e 7, Figuras 12 e 13) se refletiram no potencial de desenvolvimento das plantas já nos primeiros momentos de estabelecimento do sistema ILPF. Na Figura 14, visualizam-se efeitos da fertilidade ainda deficitária, resultante de investimentos parciais aplicados na construção dos Níveis 1 (“Padrão Regional”) e 2 (“Sistema Melhorado”), tratamentos que de fato não viabilizaram a inclusão do sorgo forrageiro como opção para intensificação agropecuária. Portanto, já de início se atestou a importância de um programa estruturado de correção da acidez e de fertilização, quando o propósito é mudar o patamar da pecuária extensiva para sistemas integrados de produção. Mais detalhes acerca da condução e resposta produtiva do sorgo forrageiro, assim como da braquiária, estão relatados na segunda publicação da série referente à URT Lagoa dos Currais (Borghi et al., 2020).



Foto: Álvaro Vilela de Resende.

Figura 14. Da esquerda para a direita: Plantas de sorgo aos 28 dias após a semeadura, nos Níveis 1, 2, 3 e 4 de investimento tecnológico para o estabelecimento de sistema ILPF na URT Lagoa dos Currais.

A variação de vigor da pastagem nos piquetes ao longo do tempo também acompanhou o nível de investimento em fertilidade do solo, conforme demonstram os mapas derivados de amostragens diretas de biomassa e NDVI no campo, bem como do NDVI obtido remotamente a partir de imagens de satélite em diferentes épocas (Figura 15).

Embora as braquiárias sejam enquadradas dentre as espécies forrageiras mais rústicas, são muito responsivas à melhoria da fertilidade. Os mapas de massa seca e de índice de vegetação NDVI da pastagem, depois de um (2018) e dois anos (2019) de implantação da URT (Figura 15), apresentam boa correspondência entre si e respaldam de forma consistente o diferencial na disponibilidade de forragem entre os piquetes.

Os dados analíticos já disponibilizados permitiram mapear também o estoque de proteína contido na pastagem em novembro de 2018, precedendo a primeira entrada de animais para pastejo (Figura 15). Pode-se notar que os piquetes dos Níveis 3 e 4 configuravam um maior valor nutricional da forragem para as novilhas, o que com certeza impactou positivamente no ganho de peso. Os resultados de desempenho forrageiro e animal encontram-se descritos em Borghi et al. (2020) e Gontijo Neto et al. (2020)

O índice NDVI mapeado por processamento de imagens de satélite mostrou ser prático e oportuno para o monitoramento do estado de vigor da pastagem em várias épocas do ano (Figura 15).

Os locais mais claros, com menor NDVI, indicam algum comprometimento da biomassa vegetal, implicando, conseqüentemente, redução da oferta de forragem e menor cobertura do solo. Quase sempre a ocorrência desses locais com baixo índice de vegetação coincidiu e predominou nos Níveis 1 e 2 de investimento no sistema ILPF, nos quais tem-se averiguado *in loco* uma maior frequência de falhas em razão do enfraquecimento e da eventual morte de plantas de braquiária. Esse fato pode estar associado à menor persistência e longevidade da pastagem quando o adequado condicionamento de um ou mais atributos críticos para a fertilidade química do solo ainda constitui fator limitante.

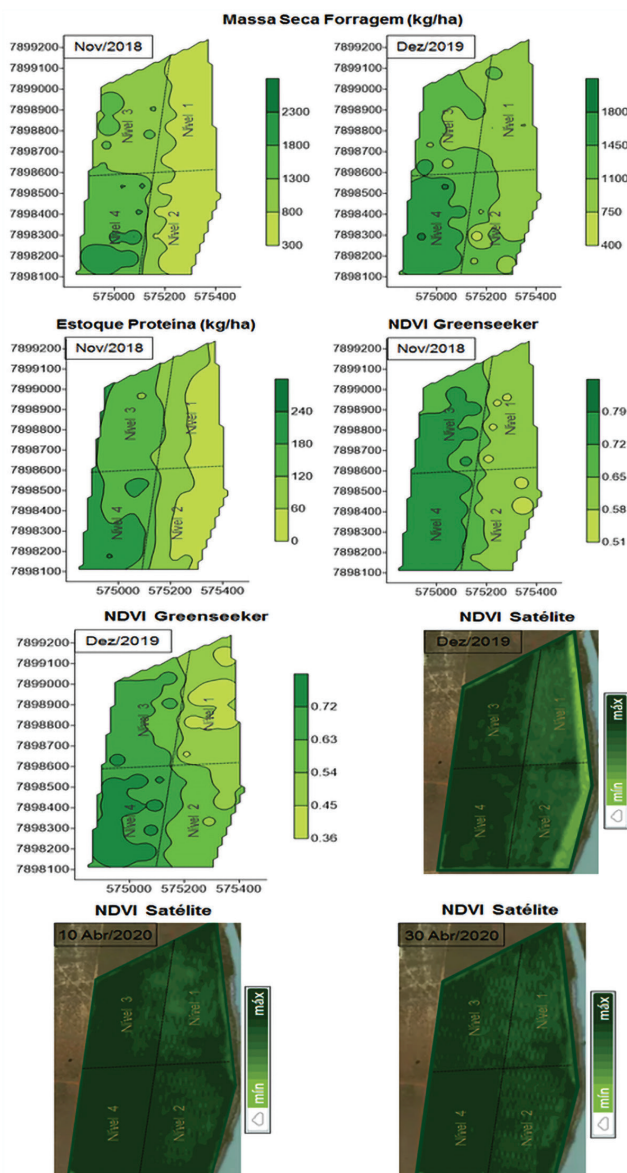


Figura 15. Mapas mostrando a variação espacial de biomassa de forragem, estoque de proteína na pastagem e índices de vegetação NDVI obtidos em campo e por imagens de satélite, em diferentes momentos nos piquetes com níveis de investimento tecnológico na URT Lagoa dos Currais. Fonte dos mapas: original dos autores. Imagens de satélite: adaptadas de At Farm® (2020).

O mapa de NDVI de 30 de abril de 2020, já no final do período chuvoso na região, evidencia como a pastagem no Nível 4 se manteve em melhor estado vegetativo (Figura 15). Resultado do histórico de manejo nutricional mais tecnificado, passados mais de trinta meses da formação do pasto, a braquiária nesse piquete denota um maior grau de resiliência e oferta mais abundante de forragem, que certamente favorecem a manutenção do gado no período da seca. Cabe aqui esclarecer que o número de animais em pastejo na área de cada piquete da URT vem sendo controlado e ajustado de acordo com avaliações periódicas da disponibilidade de forragem, de modo a evitar situações de sub ou superpastejo.

Por fim, deve-se ter em mente que não basta que um esquema de intensificação do sistema de produção apresente viabilidade técnica. Mesmo quando esta é comprovada, a questão de custos tem sido o fiel da balança na decisão de se adotar práticas mais intensivas de manejo da fertilidade do solo para pastagens, principalmente em se tratando da pecuária de corte. Os gastos com corretivos e fertilizantes são elevados quando se busca condicionar satisfatoriamente um solo de Cerrado (Quadro 3) e constituem uma das principais barreiras ao sucesso das ações de transferência de tecnologia para os produtores, tendo em vista que o retorno econômico deste investimento se dará em médio prazo (3 a 5 anos). Nesse contexto, as iniciativas de desenvolvimento agropecuário precisam ser firmemente embasadas quanto aos aspectos econômicos. No caso da ILPF, por apresentar maior complexidade, todas as fontes de receita precisam ser contabilizadas de forma apropriada, a fim de se determinar até que ponto os investimentos são compensatórios para assegurar a rentabilidade do sistema.

Avaliações de acompanhamento das respostas do eucalipto também vêm sendo realizadas periodicamente na URT, e os resultados parciais são reportados numa terceira publicação (Campanha et al., 2020). As análises econômicas comparativas dos níveis de investimento tecnológico no sistema ILPF, com os respectivos dados de custos, desempenho produtivo e valoração dos componentes forrageiro e animal, incluindo ainda projeções de rendimento de madeira e receita futura do componente florestal, são apresentadas e discutidas na quarta publicação da série URT Lagoa dos Currais (Gontijo Neto et al., 2020). Dessa forma, recomenda-se a leitura das quatro publicações, que se complementam e possibilitam melhor

entendimento de todos os aspectos relacionados às opções de investimento para a reconversão produtiva de áreas de pastagem degradada no Cerrado por meio da ILPF.

5 - Considerações finais

Estima-se que a produtividade das pastagens cultivadas no Brasil, comportando 94 milhões de UA, alcança somente 32 a 34% do seu potencial (Strassburg et al., 2014), retratando um cenário indesejável, mas que encobre a existência de um imenso potencial para o aumento de desempenho da pecuária nacional pela simples recuperação de áreas de pastagens degradadas (Dias Filho, 2014).

Uma parcela desse ganho potencial pode ser concretizada aplicando-se a estratégia ILP/ILPF para intensificação agropecuária. Em Minas Gerais, trabalhos apontados pelo Instituto Antônio Ernesto de Salvo (2015), envolvendo levantamentos estatísticos e modelagens, projetaram áreas do Centro e Oeste do estado como prioritárias para intensificação da pecuária em 2030, sendo ambas as regiões compreendidas no bioma Cerrado. As pastagens nas mesorregiões Central, Noroeste e Norte de Minas são as que se encontram em condições de degradação mais acentuada, e as dificuldades enfrentadas pelos produtores para acesso, interpretação e adoção do estoque de conhecimento disponível estão entre as justificativas para o baixo nível tecnológico da produção animal em pasto.

O adequado condicionamento dos atributos químicos do solo constitui a primeira providência para reverter o quadro de degradação de pastagens, sendo um dos fatores mais importantes ao desempenho produtivo e com maior peso econômico na intensificação de sistemas de produção. Os impactos positivos da construção da fertilidade do solo na ILPF incluem: melhores condições de estabelecimento, produção de forragem e longevidade da pastagem pelo maior aprofundamento radicular; viabilização da inserção de culturas anuais no sistema (por exemplo, sorgo e milho, espécies mais adaptadas à menor oferta hídrica); maior rendimento de madeira do componente florestal; aumento da taxa de lotação animal e da produção de carne ou leite; diversificação de renda; e maior resiliência do sistema nas

adversidades climáticas, notadamente na convivência com os períodos de déficit hídrico.

Nessa conjuntura, ao detalhar um protocolo validado, espera-se que a presente publicação possa funcionar como norteadora dos passos a serem seguidos por técnicos e produtores para o condicionamento e manutenção da fertilidade do solo. As práticas de manejo e os padrões de resposta aqui descritos se aplicam de forma realista a ambientes e solos semelhantes aos da URT Lagoa dos Currais, os quais predominam na paisagem do Centro-Norte de Minas assim como em outras partes do Cerrado brasileiro. O enfoque apresentado se estende também a iniciativas de implantação de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária, sem o componente florestal, ou até mesmo quando o objetivo é unicamente a recuperação/renovação de pastagens solteiras.

No caso da URT Lagoa dos Currais, a cultura anual (sorgo forrageiro) somente foi utilizada no primeiro momento da implantação do sistema ILPF e, decorrido um ano, as árvores de eucalipto já tinham porte que permitia a entrada de novilhas em pastejo nos piquetes. Por essa razão, a partir do início do segundo ano, o sistema já foi posicionado na sua fase silvipastoril (braquiária-gado-eucalipto), a qual permanecerá até o corte das árvores. Todavia, nada impede que o componente lavoura integre o sistema também no segundo ano e até mesmo no terceiro, conforme a conveniência do produtor, e desde que o espaçamento entre os renques de árvores seja largo o suficiente para que não haja sombreamento excessivo. No caso de mais safras com lavoura, tem-se a vantagem de incrementar o aporte de nutrientes no sistema, que além de assegurar a produção da cultura anual, ampliará o residual de nutrientes no solo, favorecendo o posterior desenvolvimento da forrageira/pastagem e das árvores.

Um ponto relevante é que, à medida que são feitas adubações sucessivas com nutrientes como fósforo, potássio e zinco, os quais se caracterizam por apresentar significativo efeito residual no solo e destacado papel na sustentabilidade de sistemas agropecuários, consegue-se melhorar gradativamente a condição de fertilidade. Nesse sentido, sobretudo os solos de textura argilosa, que são mais tamponados e por isso demandam maior investimento inicial na construção da fertilidade, são também os que possuem maior capacidade de reservar esses nutrientes e disponibilizá-los às

plantas por longos períodos. Portanto, o produtor deve entender que o efeito fertilizante não se esgota ou se perde totalmente logo depois de aplicados os adubos, como muitos acham. Pelo contrário, geralmente as adubações realizadas há mais tempo continuam beneficiando o sistema, de modo que esse investimento é muito bem aproveitado nos ambientes de pastagens, que normalmente apresentam alta capacidade de ciclagem de nutrientes.

Os estudos na URT Lagoa dos Currais seguem em andamento. Para acessar todas as informações obtidas até o momento, relativas ao desempenho forrageiro, animal e florestal, além das análises econômicas, sugere-se consultar também as outras três publicações (Borghi et al., 2020; Campanha et al., 2020; Gontijo Neto et al., 2020) que relatam as experiências vivenciadas na URT nesses dois anos e meio de condução do sistema ILPF.

Está prevista a continuidade do monitoramento para comparação de resultados ao longo dos próximos anos na URT, o que possibilitará registrar a evolução do estado de fertilidade do solo nos piquetes, relacionando com a oferta de forragem, a produtividade de carne e o rendimento de madeira. Ao final de um ciclo da ILPF, com o corte do eucalipto, será completada a contabilização de receitas e consolidada a avaliação econômica para os quatro níveis de investimento tecnológico no sistema. Concomitantemente, estão programadas avaliações de indicadores de serviços ambientais e sustentabilidade agropecuária, destacando-se os aspectos relacionados ao sequestro e à compensação de emissões de carbono.

Os investimentos na fertilidade do solo, vinculados à introdução de cultivos anuais no manejo de áreas dedicadas à atividade pecuária, criam um novo patamar produtivo para as espécies forrageiras e, conseqüentemente, impulsionam o desempenho animal. A integração de lavouras às áreas de criação de gado tem progredido com a expectativa de resultar em melhorias significativas na sustentabilidade socioeconômica e ambiental das fazendas e da sua região de influência (Vilela et al., 2011). Assim, alternativas de intensificação produtiva, como as modalidades de ILPF, são tecnologias a serem disseminadas em várias escalas, beneficiando os produtores e o País. No caso das pequenas propriedades, a intensificação de uso da terra por meio da adoção de tecnologias mais avançadas de produção configura uma questão crucial para manterem-se viáveis.

6 - Agradecimentos

Aos sócios proprietários da Fazenda Lagoa dos Currais, nas pessoas de Gustavo Pitangui de Salvo, Antonio Pitangui de Salvo, Joaquim Martino Ferreira e Alberto Francisco Gonçalves de Freitas, pelo incentivo e parceria na realização do trabalho, viabilizando a cessão de área para implantação da URT, disponibilização dos animais para compor o sistema ILPF e apoio irrestrito às atividades realizadas. Aos funcionários da Fazenda Lagoa dos Currais pelo auxílio dedicado na condução da URT. À Associação Rede ILPF e à Embrapa, pelo suporte financeiro e operacional

7 - Referências

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

AT FARM®. Disponível em: <<https://www.at.farm/pt-br/>>. Acesso em: 22 abr. 2020.

BARROS, G. S. C.; CASTRO, N. R.; MACHADO, G. C.; ALMEIDA, F. M. S.; SILVA, A. F.; FACHINELLO, A. L. **Boletim PIB do Agronegócio Minas Gerais - 2019**. Piracicaba: Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, 2020. 9 p. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_PIB_Agro_MG_2019_mar2020.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2020.

BENITES, V. M.; CARVALHO, M. C. S.; RESENDE, A. V.; POLIDORO, J. C.; BERNARDI, A. C. C.; OLIVEIRA, F. A. Potássio, cálcio e magnésio. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Org.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes**. Piracicaba: IPNI Brasil, 2010. v. 2, p. 133-204.

BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M. M.; RESENDE, A. V. de; SIMÃO, E. de P.; ABREU, S. C. de; GIEHL, J.; SANTANA, D. P.; ALVARENGA, R. C.; CAMPANHA, M. M.; COSTA, T. C. e C. da; RESENDE, R. M. S. **Intensificação**

agropecuária no Cerrado: implantação de sistema ILPF com as culturas do sorgo forrageiro, capim Marandu e Eucalipto na região Central de Minas Gerais. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 207).

CAMPANHA, M. M.; COSTA, T. C. e C. da C.; GONTIJO NETO, M. M.; RESENDE, A. V. de; SIMÃO, E. de P.; BORGHI, E.; OLIVEIRA, A. C. de; KÁLITA, L. **Intensificação agropecuária no Cerrado:** crescimento do eucalipto em ILPF sob diferentes níveis de investimento tecnológico. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 266).

CARVALHO, W. T. V.; MINIGHIN, D. C.; GONÇALVES, L. C.; VILLANOVA, D. F. Q.; MAURICIO, R. M.; PEREIRA, R. V. G. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: revisão. **Pubvet**, v. 11, n. 10, p. 1036-1045, 2017.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; BORGHI, E.; MATEUS, G. P. Integração lavoura-pecuária: benefícios das gramíneas perenes nos sistemas de produção. **Informações Agronômicas**, n. 125, p. 2-15, 2009.

DIAS FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402).

EMBRAPA. **Visão 2030:** o futuro da agricultura brasileira. Brasília, DF, 2018. 212 p.

GONTIJO NETO, M. M.; RESENDE, A. V. de; BORGHI, E.; CAMPANHA, M. M.; COSTA, T. C. e C. da; SIMÃO, E. de P.; GIEHL, J.; ABREU, S. C. de; ALVARENGA, R. C. **Intensificação agropecuária no Cerrado: coeficientes técnicos e análise financeira de sistema ILPF com diferentes níveis de investimento tecnológico**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 268).

GOOGLE EARTH®. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/>>. Acesso em: 21 abr. 2020.

INSTITUTO ANTÔNIO ERNESTO DE SALVO. **Estado da arte das pastagens em Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2015. 206 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Balanco hídrico climatológico mensal**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <<http://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/climatologia/bhclimatologicomensual/index>>. Acesso em: 22 abr. 2020.

LOPES, A. S.; GUILHERME L. R. G. A career perspective on soil management in the Cerrado region of Brazil. **Advances in Agronomy**, v. 137, p. 1-72, 2016.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema Cerrado: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 22., 1995, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p. 28-62.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. Adubação nitrogenada. In: MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. (Ed.). **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007a. p.117-144.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. (Ed.). **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007b. 224 p.

MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; PARIZ, C. M.; BORGHI, E.; COSTA, C.; MARTELLO, J. M.; FRANZLUEBBERS, A. J.; CASTILHOS, A. M. Sidedress nitrogen application rates to sorghum intercropped with tropical perennial grasses. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 1, p. 433-447, 2016.

MIRANDA, E. E. Meio ambiente: a salvação pela lavoura. **Ciência e Cultura**, v. 69, n. 4, p. 38-44, 2017.

MIRANDA, E. E. Potência agrícola e ambiental: áreas cultivadas no Brasil e no Mundo. **Agroanalysis**, v. 38, n. 2, p. 25-27, 2018.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M. Manejo de pastagens tropicais em sistemas silvipastoris. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D. (Ed.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 389-403.

PERON, A. J.; EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 655-661, 2004.

RESENDE, A. V.; FONTOURA, S. M. V.; BORGHI, E.; SANTOS, F. C.; KAPPES, C.; MOREIRA, S. G.; OLIVEIRA JÚNIOR, A.; BORIN, A. L. D. C. Solos de fertilidade construída: características, funcionamento e manejo. **Informações Agronômicas**, n. 156, p. 1-17, 2016.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

STRASSBURG, B. B. N.; LATAWIEC, A. E.; BARIONI, L. G.; NOBRE, C. A.; SILVA, V. P.; VALENTIM, J. F.; VIANNA, M.; ASSAD, E. D. When enough should be enough: improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. **Global Environmental Change**, v. 28, p. 84-97, 2014.

VILELA, P. S. (Coord.). **Diagnóstico da pecuária bovina de corte em Minas Gerais**. Belo Horizonte: FAEMG, 2016. 151 p.

VILELA, L.; MACEDO, M. C. M.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; KLUTHCOUSKI, J. Degradação de pastagens e indicadores de sustentabilidade. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 105-128.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, 2011.

VILELA, L.; SOUSA, D. M. G.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Adubação com enxofre e gessagem. In: MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. (Ed.). **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. p. 107-115.

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição
Publicação digital (2020)

Embrapa

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

**PÁTRIA AMADA
BRASIL**
SUSTENTABILIDADE

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretário-Executivo
Elena Charlotte Landau

Membros
Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso
Campanha, Roberto dos Santos Trindade e
Maria Cristina Dias Paes

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações
Mônica Aparecida de Castro

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Mônica Aparecida de Castro

Foto da capa
Arnaldo Pontes e Samuel Abreu

Apoio:



Parceria:

